



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO MĚNIČE

DESIGN OF HYBRID PHOTOVOLTAIC INVERTER

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Anastasia Makarova

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Richard Sovják

BRNO 2018

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Anastasia Makarova**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Richard Sovják**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design hybridního fotovoltaického měniče

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hybridní solární měniče umožňují během dne vyrábět zelenou elektrickou energii ze solárních panelů, kterou v případě výrobních přetoků ukládá do externích baterií. V noci je možné tuto uchovanou elektrickou energii z baterií zpětně distribuovat do lokální elektrické sítě. Tato zařízení umožňují snižovat emise CO<sub>2</sub> při výrobě elektrické energie. Současná nabídka výrobců solárních měničů na světovém trhu poskytuje kvalitní designérská řešení, avšak stále se nabízí prostor pro netradiční tvarové, grafické a ergonomické řešení.

Typ práce: vývojová – designérská

**Cíle bakalářské práce:**

Hlavním cílem je koncepční design 3-f hybridního fotovoltaického měniče o výkonu do 5,0 kW, umožňující svislou montáž na stěnu popřípadě na nosné rámy fotovoltaických elektráren. Cílová skupina jsou společnosti a drobní výrobci el. energie.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza současné produkce z hlediska ergonomie, tvarového a materiálového řešení, konstrukce a marketingu,
- využití materiálů a konstrukce měniče dle požadovaného krytí IP,
- uvažovat se sériovou výrobou,
- realizace fyzického modelu v měřítku 1:1 (při největším rozměru do 500 mm, jinak alternativní měřítko),
- popis estetických, ergonomických a konstrukčních parametrů navrženého designu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2018.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2018.pdf)

**Seznam doporučené literatury:**

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

FIELD, Charlotte a Peter FIELD (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce řeší design 3fázového hybridního fotovoltaického měniče. Práce obsahuje designerskou a technickou analýzu současného trhu. Finální řešení produktu splňuje technické a ergonomické požadavky a zachovává originální vzhled. Přístroj je určen pro použití vnitřní a venkovní.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Hybridní fotovoltaický měnič, fotovoltaika, solární energie, design, koncept

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis resolve a design of 3 phase hybrid photovoltaic inverter. The work includes design and technical analysis of the current market. The final product solution meets the technical and ergonomic requirements and keeps the originally appearance. The device is designed for use indoor and outdoor.

## **KEYWORDS**

Hybrid photovoltaic inverter, fotovoltaic, solar energy, design, concept



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MAKAROVA, A. *Design hybridního fotovoltaiického měniče*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 66 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Richard Sovják.





## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Design hybridního fotovoltického měniče zpracovala samostatně s využitím zdrojů, které jsou řádně uvedené v seznamu literatury.

.....

V Brně dne

.....

podpis



## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu této bakalářské práce Ing. Richardu Sovjákovi za jeho cenné rady, trpělivost a pozitivní přístup během vzniku práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Branislavu Moncmannovi jednateři firmy AEKO s.r.o. za seznámení s problematikou fotovoltaiky a se zásadami fotovoltaických měničů.



**OBSAH**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>15</b>
<b>2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....</b>	<b>17</b>
2.1 Designérská analýza .....	17
2.1.1 Historie fotovoltaiiky .....	17
2.1.2 Příklady existujících výrobků SMA .....	17
2.1.3 Významní výrobci .....	21
2.1.4 Cenová hladina .....	23
2.1.5 Cílová skupina .....	23
2.1.6 Distribuce.....	23
2.1.7 Podpora prodeje.....	23
2.1.8 SWOT analýza fotovoltaiiky .....	24
2.2 Technická analýza .....	24
2.2.1 Druhy měničů .....	24
2.2.2 Vnitřní stavba .....	24
2.2.3 Ovládání a montáž .....	25
2.2.4 Materiály.....	26
2.2.5 Parametry výrobku .....	26
<b>3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE .....</b>	<b>27</b>
3.1 Analýza problému.....	27
3.2 Cíl práce.....	27
<b>4. VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU .....</b>	<b>28</b>
4.1 Varianta I .....	28
4.2 Varianta II.....	30
4.3 Varianta III .....	32
4.4 Varianta IV .....	34
<b>5. TVAROVÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>36</b>
5.1 Tvarové řešení fotovoltaiického měniče.....	36
5.1.1 Přední kryt .....	36
5.1.2 Zadní kryt .....	39
5.1.3 Chladič.....	41
5.2. Tvarové řešení rámu .....	43
<b>6. KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>44</b>
6.1 Konstrukčně technologické řešení.....	44
6.2 Použité materiály a technologie.....	47
6.3 Rozměrové řešení .....	48
6.4 Ergonomické řešení .....	49
6.4.1 Ovládací a sdělovací displej .....	49
6.4.2 Ergonomické řešení předního krytu .....	53
<b>7. BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>54</b>
7.1 Barevné řešení .....	54
7.2 Logotyp.....	55
7.3 Řešení štítku s nezbytnou informací.....	57
<b>8. DISKUZE .....</b>	<b>58</b>
8.1 Psychologická funkce .....	58
8.2 Ekonomická funkce .....	58
8.3 Sociální funkce .....	58
<b>9. ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>

<b>10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>60</b>
<b>11. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
<b>12. SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>13. SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>
<b>ZMENŠENÝ POSTER.....</b>	<b>66</b>

## 1. ÚVOD

---

**1**

Předmětem této bakalářské práce je návrh koncepčního designu hybridního fotovoltaického měniče. Tvarování, ergonomie a materiálové řešení výrobku mají odpovídat jeho technické stránce. Konstrukce navrženého produktu musí umožnit jeho svislou montáž a ulehčit manipulaci při montáži. Konečný design hybridního fotovoltaického měniče má splnit všechny výše uvedené požadavky a z hlediska estetiky dobře působit.

Z důvodu neustálého zhoršování ekologie a klimatu, se v současné době zvyšuje zájem o výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Jedním z takových zdrojů je solární energie, která se vyrábí za použití fotovoltaických systémů. Fotovoltaické systémy používají nejen velké společnosti, ale také vlastníci rodinných domů.

Jedním ze základních prvků fotovoltaického systému je fotovoltaický měnič. Jeho hlavní funkcí je přeměnit proud, vyrobený solárními panely pro využití v běžné praxi. Základní tvar fotovoltaického měniče od jeho vzniku se zásadně neměnil. Ale stále se zlepšují technické charakteristiky měničů.

Výrobci fotovoltaických měničů kladou větší důraz na technickou stránku výrobku než na vzhled, kvůli čemuž výrobky často postrádají hezký vzhled a efektivní ergonomii při užívání a montáži.





## 2. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2

### 2.1 Designérská analýza

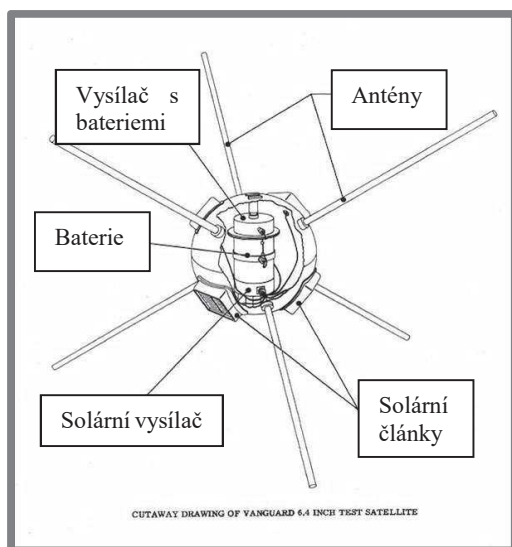
2.1

Během posledních několika let využití fotovoltaiky ve světě roste s každým rokem o (30 až 50) % a cena instalace s každým rokem klesá [2]. Ročně se otevírají nové solární elektrárny a státy vyhláší dotace na instalace fotovoltaických systémů do domácností.

#### 2.1.1 Historie fotovoltaiky

2.1.1

V roce 1877 byl vyroben první fotovoltaický článek. V roce 1957 se ve firmě Bell vyrobily první křemíkové solární články. Jejich účinnost byla kolem (5 až 6) %. V roce 1958 solární články byly poprvé použity na družici Vanguard 1 (viz Obr. 2-1) vypouštěné do kosmu. Od 70. let se fotovoltaika začala používat i na Zemi. [1,2]  
Hlavními výrobci fotovoltaických měničů v současné době jsou německé, americké a čínské společnosti.



Obr. 2-1 Družice Vanguard 1 [3]

#### 2.1.2 Příklady existujících výrobků SMA

2.1.2

Německá firma SMA nabízí několik modelů fotovoltaických měničů. Všechny nabízené modely mají obdélníkový tvar a vyrábějí se v barvách: modré, červené a bílé. Model SUNNY TRIPOWER (viz Obr. 2-2) je určen jak pro použití v domácnosti, tak i pro použití v menších fotovoltaických elektrárnách. Stejně jako ostatní modely fotovoltaických měničů značky SMA, model SUNNY TRIPOWER má obdélníkový tvar. Horní, spodní, a boční strany krytu jsou lehce zaoblené, čelní (přední) stěna je vypouklá, díky čemuž dochází k dynamice tvaru. V zahloubení uprostřed krytu se nachází elektronický panel pro komunikaci s uživatelem.

Víko je jednoduše odmontovatelné, je upevněné přes 6 šroubů. Na bočních stranách víka jsou úchyty pro lepší ruční manipulaci.

Připojení konektorů je umístěno na spodní straně měniče a je zvýrazněno černou barvou. Díky takovému řešení celkový tvar výrobku ztrácí symetrii a působí zajímavěji.



Obr. 2-2 SMA-SUNNY POWER [4]

### **Fronius**

Rakouská firma Fronius nabízí řadu fotovoltaických měničů stejného tvaru, ale odlišného výkonu. Jsou vhodné pro použití v rodinném domě nebo v malých fotovoltaických elektrárnách.

Celkový tvar měniče připomíná batoh, což vyvolává asociace s uskládováním energie – jednou s funkcí fotovoltaického měniče. Při pohledu zepředu má obdélníkový obrys s lehce zaoblenou spodní hranou. Přední plocha krytu je plynule zaoblená nahoře a po bocích je zkosená.



Obr. 2-3 Fronius-Symo Hybrid [5]

Fotovoltaický měnič od firmy Fronius, stejně jako předchozí výrobek od značky SMA, má přední kryt přišroubovaný pomocí šesti šroubů. Pro usnadnění přístupu ke šroubům během montáže jsou kolem každého šroubu vytvořené zhloubení amorfního tvaru. Přední kryt je dvoubarevný. Horní větší část má světlešedou barvu a spodní část má buď červenou nebo tmavošedou barvu. Do světlešedého povrchu krytu v levém spodním rohu je zabudován elektronický panel. Konektory se k fotovoltaickému měniči zapojují zespodu.

### **Huawei**

Čínská společnost Huawei nabízí Smart Energy Center (viz Obr. 2-4), který je určen pro použití v domácnosti. Tento výrobek, stejně jako výrobky předchozích značek, komunikuje s uživatelem pomocí bezdrátové sítě. Všechny informace měnič předává prostřednictvím Wi-Fi přímo na komunikační zařízení uživatele.

Smart Energy Center má relativně malé rozměry a hmotnost. Při pohledu zepředu má čtvercový tvar se zaoblenými rohy. Při pohledu z boku má lichoběžníkový obrys, který respektuje, že základní deska je menší než čelní stěna krytu. Na čelní ploše krytu, uprostřed při jeho spodní hraně, se nachází indikátor, informující uživatele o fungování měniče. Indikátor má obdélníkový tvar a je zabudován do černého polokruhu.

Ve výrobku se používají kontrasty forem a barev: bílý čtvercový obrys krytu s jeho zaoblenými rohy a černý polokruh ve spodní části přední plochy působí zajímavě a harmonicky. Celkový design fotovoltaického měniče je jednoduchý, ale díky použitým kontrastům nepůsobí příliš triviálně.

Místo pro zapojení konektoru je skryto ve spodní části měniče.



Obr. 2-4 Huawei-Smart Energy Center [7]

### **Steca**

Německá značka Steca nabízí řadu fotovoltaických měničů určených především pro použití v rodinných domech.

Výrobek Coolcept-x (viz Obr. 2-5) má nerezový kryt sestavený ze dvou částí. Obě části jsou k sobě spojené pomocí šroubů. Při pohledu zepředu má kryt čtvercový obrys se zaoblenými rohy a vyříznutím ve spodní části. Při pohledu z boku je vidět, jak jsou symetricky zaoblené přední a zadní plochy krytu. Ve spodní části přední půlky krytu se nachází tmavošedá plocha, do které je zabudován informační displej a tlačítka. Displej je umístěn těsně vpravo od osy symetrie. Vlevo od osy symetrie je umístěno logo výrobce. Po celé výšce krytu kromě tmavošedé plochy, prochází drážky, které přidávají výrobku originalitu, ale tyto drážky nejsou praktické z hlediska úklidu. Konektory se zapojují ke spodní ploše fotovoltaického měniče.



**Obr. 2-5** Steca-Collcept-x [8]

### **PrimeVOLT**

Taiwanská společnost PrimeVOLT nabízí fotovoltaické měniče stejného tvaru s různým výkonem.

Výrobek má obdélníkový tvar při pohledu zepředu. Při pohledu z boku je přední plocha měniče zaoblená takovým způsobem, že spodní plocha krytu je užší než horní stěna.

Celkově je přední kryt rozdělen na tři části. Horní část tvoří půlku celého krytu, má černou matnou barvu a je obdélníkového průřezu. Následuje střední černá lesklá část, do které je zabudován informační displej a tlačítka pro jeho ovládání. Spodní hrana druhé části je tvořena esovitě zahnutou křivkou. Třetí část předního krytu je červená a matná, její horní hrana splývá se spodní hranou lesklého povrchu střední části. Díky vytvořenému oblouku, asymetrickému členění povrchu krytu a změnou lesklosti povrchů, vzniká dynamika v celkovém tvaru a výrobek působí zajímavě.

Stejně jako u všech modelů předchozích výrobců se konektory v měniči od značky PrimeVOLT zapojují zespodu.



Obr. 2-6 PrimeVOLT [9]

### 2.1.3 Významní výrobci

2.1.3

---

#### Fronius

Značka Fronius se zabývá výrobou zařízení pro fotovoltaické systémy od roku 1992. Cílem této společnosti je budoucnost energetiky používající jen obnovitelné zdroje. Pro dosažení svého cíle společnost dodržuje tři zásady: spolehlivost dodávek, optimalizaci systému a následnou kontrolu při jejich budoucím využití. [10]

Fotovoltaické měniče značky Fronius se vyznačují svým inteligentním designem, maximální flexibilitou, kvalitními funkcemi a vysokou spolehlivostí. Měníče se dají lehce montovat. Díky nabízenému rozsahu výkonnosti, každý zákazník najde pro sebe vhodný model. Pomocí speciální aplikaci může uživatel řídit fotovoltaický systém i mimo domov. Pro uživatele měničů značky Fronius je vždy k dispozici technická podpora. [11]

Co se týká designu, všechny fotovoltaické měniče značky Fronius mají stejný tvar, kde se dá vybrat barva krytu a funkční naplň měniče. Funkční část se může kdykoliv změnit podle přání uživatele.



Obr. 2-7 Montáž fotovoltaického měniče Fronius [11]

### SMA

Společnost SMA na trhu nabízí svoje výrobky od roku 1981. Vize této společnosti je umožnění použití nezávislé, decentralizované obnovitelné energii po celém světě. Firemní politika SMA staví na kvalitě produktů, ochraně životního prostředí a zachování přírodních zdrojů. [12]

Společnost SMA klade největší důraz na kvalitu svých výrobků a umožňuje jejich funkční modifikaci jen pomocí přeprogramování.

Fotovoltaické měniče od SMA mají jednoduchý design. Obdélníkový tvar a výrazná barva jsou jejich charakteristickými rysy.



Obr. 2-8 Montáž fotovoltaického měniče SMA [12]

#### **2.1.4 Cenová hladina**

2.1.4

---

Ceny na třífázové hybridní fotovoltaické měniče od značky Fronius s výkonem do 5 kWp se pohybují v rozmezí od 30 000 Kč do 55 000 Kč. U hybridních měničů značky SMA se stejným výkonem se ceny pohybují od 50 500 Kč do 75 000 Kč. Čínská značka Huawei nabízí hybridní měniče za 20 000 Kč až 30 000 Kč.

Ceny za fotovoltaické měniče se liší na základě vybavení jednotlivých kusů a jejich výkonu. Čím více funkcí měnič splňuje, tím je dražší. Model Fronius Symo Hybrid 3.0-3-S s výkonem 5 kWp slouží jako fotovoltaický a bateriový střídač a kvůli tomu má vyšší cenu a to 55 000 Kč. Kdežto model Fronius Symo 5.0-3-M s výkonem 5 kWp slouží jen jako fotovoltaický měnič a stojí 41 000 Kč [14].

#### **2.1.5 Cílová skupina**

2.1.5

---

Fotovoltaické měniče v závislosti na jejich funkční výbavě jsou určeny pro použití v domácnosti nebo ve fotovoltaických elektrárnách.

#### **2.1.6 Distribuce**

2.1.6

---

Na trhu působí velké množství firem, které se zabývají projekcí fotovoltaických systémů a distribucí potřebných součástí těchto systémů, včetně fotovoltaických měničů. Měníče se dají také koupit na stránkách výrobce nebo distributora.

#### **2.1.7 Podpora prodeje**

2.1.7

---

Fotovoltaické měniče jsou specifickým produktem, proto je jejich propagace rozšířená hlavně mezi zájemci o fotovoltaický obor. Reklama jednotlivých výrobců se publikuje v odborných časopisech a na webových stránkách věnujících se fotovoltaiice. Také reklamní materiály jsou k sehnání na odborných veletrzích.

Širší reklama takového produktu není zapotřebí z hlediska celkem úzkého okruhu zájemců o fotovoltaiiku.



### 2.1.8 SWOT analýza fotovoltaiky

<b>Silné stránky</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- šetrný vztah k životnímu prostředí</li> <li>- dlouhodobá ekonomická výhoda</li> <li>- vysoká spolehlivost</li> <li>- jednoduchá instalace</li> <li>- jednoduché užívání</li> <li>- možnost ovládání na dálku</li> </ul>	<b>Slabé stránky</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vysoké náklady spojené s instalací</li> <li>- nižší účinnost v místech s častým sněžením</li> <li>- závislost na slunečním svitu</li> <li>- není možné použití za podmínek, kdy jsou panely kryty (např. sníh, prach atd.)</li> </ul>
<b>Příležitosti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- možnost snížení emise CO<sub>2</sub></li> <li>- možnost snížení instalační ceny, díky zvyšujícímu se zájmu o fotovoltaiku</li> <li>- nezávislost na centrálních rozvodových sítích</li> <li>- možnost snížení ceny za energii, při využívání fotovoltaiky velkými výrobci energie</li> </ul>	<b>Ohrožení</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- počasí</li> <li>- nedostatek informací u potenciálních zákazníků</li> <li>- propaganda velkých výrobců energie</li> <li>- krádeže</li> </ul>

Obr. 2-9 SWOT analýza

## 2.2 Technická analýza

Fotovoltaický měnič spojuje generátor a střídavou rozvodnou síť, resp. spotřebiče střídavého proudu, takže převádí solární stejnosměrný proud na střídavý. Dalšími funkcemi fotovoltaického měniče jsou regulace MPP (maximálního výkonového bodu), sbírání provozních dat, zajišťování bezpečnosti vůči přepětí, přepólování apod. V dnešní době se účinnost fotovoltaických měničů blíží 98 %. [13]

### 2.2.1 Druhy měničů

Podle aplikace se rozdělují měniče na síťové, autonomní a hybridní. Síťové měniče jsou zapojené na distribuční síť a fungují na základě sinusové vlny. V případě výpadku sítě se měniče odpojují a nemohou být použité jako záložní zdroj. Autonomní měniče jsou vhodné hlavně pro použití v ostrovních sítích, v místech nacházejících se mimo dosah elektrické sítě. Hybridní měniče jsou nejuniverzálnější, protože jsou schopny přebytečnou energii ukládat do akumulátorů nebo ji distribuovat do elektrických sítí a díky tomu mohou dodávat energii nepřetržitě. [13][1]

Měniče se také rozdělují podle počtu fází na jednofázové a třífázové. Jednofázové měniče se používají především v domácnosti, protože dodávají napětí kolem 230 V. Měniče třífázové jsou schopny dodávat napětí 400 V a jsou vhodné pro použití v domácnosti nebo na fotovoltaických elektrárnách. Pro větší napětí jsou určeny centrální měniče s výkonem několika set kilowat.

### 2.2.2 Vnitřní stavba

V závislosti na typu měniče se může jeho vnitřní stavba lišit. Většina měničů obsahuje regulátor, úplný můstek, síťový transformátor (nizkofrekvenční, nebo

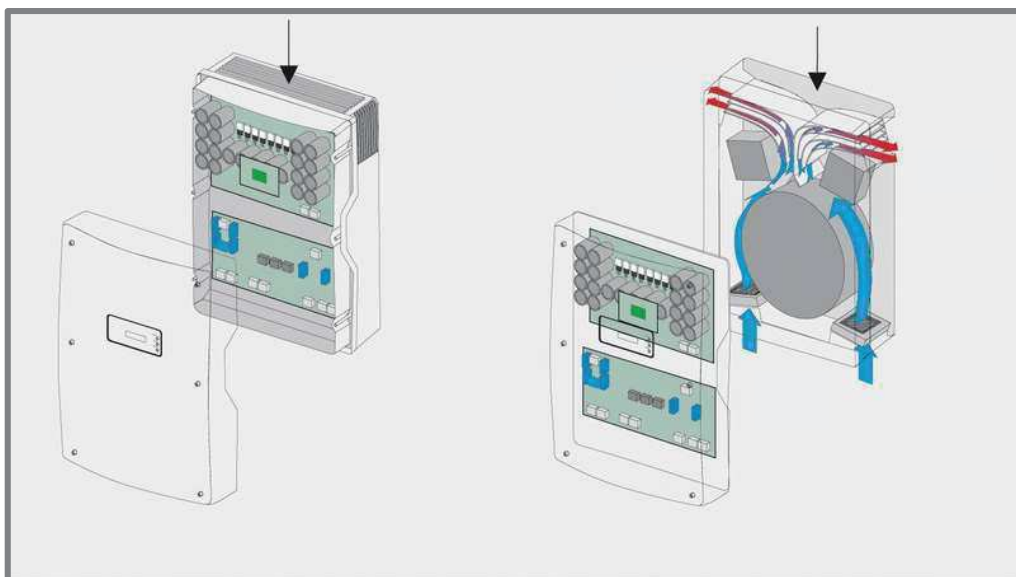


vysokofrekvenční), MPPT (sledování maximálního výkonového bodu) a monitorovací logiku s monitorováním sítě.

Můstek přeměňuje stejnosměrné napětí na střídavé, které je pomocí transformátoru přetransformováno na 230 V. Výkonový můstek v určitém rozsahu napětí reguluje MPP bod.

Síťový transformátor slouží pro přizpůsobení provozu sítě, pomocí galvanického oddělení. Přítomnost transformátoru v měniči ovlivňuje jeho rozměry, hmotnost a také snižuje jeho výkon. U výrobku bez transformátoru jsou kladeny větší požadavky na bezpečnost.

U měničů určených pro venkovní použití se často používají chladicí systémy, které se sepnou v případě dosažení maximální teploty. Při takových stavech by pasivní chlazení nebylo dostatečné. Ventilátory chladicích systémů jsou hermeticky oddělené od elektroniky. Navíc se ve fotovoltaických měničích používají filtry, které vyhlazují proud. [13]



Obr. 2-10 Systém chlazení [12]

### 2.2.3 Ovládání a montáž

2.2.3

U většiny modelů fotovoltaických měničů se na předním krytu nachází informační panel a příslušná tlačítka. Uživatel si pomocí tlačítek zadá potřebné nastavení (země, čas) a zjistí důležitá data. V případě vzniklé poruchy se na panelu zobrazí informace o typu poruchy. Modernější fotovoltaické měniče jsou spojené s počítačem uživatele pomocí Wi-Fi nebo Bluetooth, což umožňuje ovládání na dálku.

Stejně jako každý stroj má i fotovoltaický měnič hlavní vypínač, který každý výrobce umísťuje v jiném místě měniče.

Ukotvení měniče na zdi nebo jiné nosné konstrukci může být zajištěno různými způsoby, které se určují v závislosti na hmotnosti, rozměrech a materiálu samotného měniče a typu nosné konstrukce.

---

#### **2.2.4 Materiály**

Kryty fotovoltaických měničů se ve většině případů vyrábějí z hliníku, což je odůvodněno schopností materiálu zajišťovat chlazení. Použitím technologie odléváním hliníkové slitiny se dá vytvořit prakticky jakýkoliv tvar.

Také se často kryty měničů vyrábějí z plastu za pomoci lisování. S použitím plastových krytů se snižuje celková hmotnost výrobku, ale snižuje se také i jeho pevnostní charakteristiky.

---

#### **2.2.5 Parametry výrobku**

Důležitým parametrem pro montáž fotovoltaického měniče je jeho hmotnost. Hmotnosti třífázových měničů s výkonem do 5 kWp se pohybují mezi (12–40) kg. Rozměry výrobků se liší podle výrobce a výkonu daného měniče. Šířka většiny výrobků nepřesahuje 500 mm, výška je v rozmezí od 500 mm do 750 mm. A hloubka se pohybuje mezi 160 mm až 250 mm. [14]

Hlavním parametrem ovlivňujícím rozměry a hmotnost fotovoltaického měniče je jeho výkon na základě kterého se liší jeho vnitřní vybavenost.

### 3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

**3**

---

Možnosti fotovoltaiky v běžném životě jsou stále podceňované. Nedostatečná nebo občas i mylná informovanost majitelů rodinných domů zpomaluje růst počtu zájemců o fotovoltaická zařízení. Ale i přesto, použití fotovoltaiky roste po celém světě.

#### 3.1 Analýza problému

**3.1**

---

Jedním z nejdražších článků fotovoltaického zařízení je fotovoltaický měnič, kvůli jeho složitému uspořádání a řadě technických požadavků. Na jeho výrobu se totiž používají kvalitní materiály, proto životnost měniče může trvat až do 30 let.

Většina firem vyrábějících fotovoltaické měniče klade větší důraz na funkční stránku než na vzhled výrobku. Je to odůvodněno hlavně tím, že se obvykle měnič nachází v technické místnosti v domě, nebo je zavěšen na rámech konstrukcí fotovoltaických elektráren, což nevyžaduje atraktivní vzhled. Ale i přesto některé modely fotovoltaických měničů získávají ceny v oblasti designu. Model Smart Energy Center (viz Obr. 2-5) od značky Huawei získal cenu Reddot design award winner 2016.

Třífázové fotovoltaické měniče se mohou používat nejen v domácnostech, ale také ve venkovních prostorách. Proto jsou požadavky na jejich kryty vyšší. Nesmí dojít k proniknutí vody, hmyzu a menší hlodavců dovnitř krytu.

Jedním z dalších problémů fotovoltaických měničů je jejich hmotnost. Při větší hmotnosti není manipulace s měničem už tak jednoduchá, proto se výrobce snaží vymyslet různé způsoby ukotvení měničů nebo je vyrábět z více součástí.

Důležitým faktem je také chlazení měniče, protože jeho výkon klesá při vysokých teplotách v jeho okolí.

#### 3.2 Cíl práce

**3.2**

---

Cílem práce je vytvoření koncepčního designu třífázového hybridního fotovoltaického měniče o výkonu do 5 kWp. Výsledný produkt má splňovat technické a ergonomické požadavky a obsahovat všechny potřebné prvky.

Jednotlivé cíle:

- navrhnout krytování dle IP 65,
- respektovat podmínky venkovního použití a použití v technické místnosti,
- navrhnout způsob montáže, který ulehčí manipulaci s fotovoltaickým měničem,
- navrhnout konstrukci krytování umožňující použití pasivního chlazení,
- navrhnout třífázový hybridní fotovoltaický měnič o rozměrech (355 x 555 x 224) mm,
- navrhnout design, který bude korespondovat s funkční stránkou měniče.

## 4. VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Níže uvedené variantní studie nabízí čtyři způsoby tvarování fotovoltaického měniče. Všechny variantní studie jsou tvarované za použití jednoduchých geometrických prvků.



Obr. 4-1 Inspirační koláž – geometrie v architektuře [19, 20, 21, 22, 23]

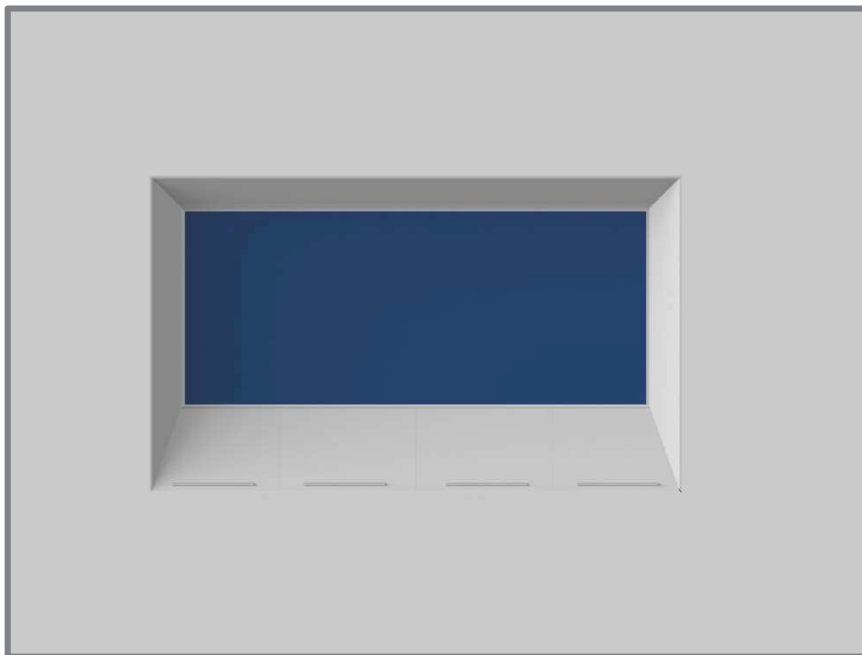
### 4.1 Varianta I

Varianta I (viz Obr. 4-2) vychází z obdélníkového tvaru základní desky měniče. Přední kryt je tvarován přechodem od obdélníkové základny k šestiúhelníku, umístěnému na přední ploše krytu. Přechod je vytvořen plynule navazujícími trojúhelníky a lichoběžníky.



Obr. 4-2 Varianta I – celkové řešení

Informační displej a příslušná tlačítka jsou umístěna ve spodní části šestiúhelníku.



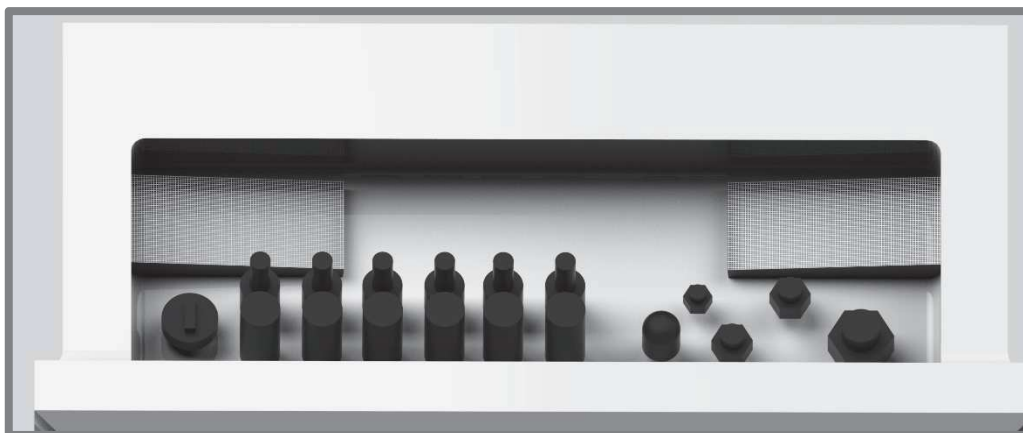
Obr. 4-3 Varianta I – displej

Ukotvení předního krytu k tělesu měniče je vyřešeno použitím čtyř šroubů. Zahloubení pro šroub (viz Obr. 4-4) má zaoblený trojúhelníkový tvar. Linky trojúhelníku jsou rovnoběžné s hranami předního krytu měniče.



Obr. 4-4 Varianta I – kotvení krytu

Pro zapojení konektorů je určen prostor ve spodní části měniče (viz Obr. 4-5). Díky takovému řešení budou elektrické spoje chráněny proti vodě v případě venkovního použití.



Obr. 4-5 Místo pro zapojení konektorů

---

## 4.2 Varianta II

Další varianta (viz Obr. 4-6) je tvořena z obdélníkového základu se zaoblenými rohy. Přední kryt je vytvořen přechodem od základního tvaru k jeho zmenšené podobě, umístěné v pravém spodním rohu. Hrany vzniklé přechodem mezi plochami jsou zpevněné konvexními drážkami.



Obr. 4-6 Varianta II – celkové řešení

Dotykový displej (viz Obr. 4-7), poskytující základní informace je umístěn na přední svislé ploše a je ohraničen konvexní drážkou.



Obr. 4-7 Varianta II – displej

Stejně jako u první varianty místo pro připojení konektorů (viz Obr. 4-5) je navrženo ve spodní části tělesa fotovoltaického měniče.

Kotvení předního krytu (viz Obr. 4-8) je vyřešeno pomocí šesti šroubů z pravé a levé strany měniče.



Obr. 4-8 Varianta II – kotvení krytu

### 4.3 Varianta III

Varianta III (viz Obr. 4-9) je tvořena obdélníkem se zaoblenými rohy. Přední kryt má stejný tvar jak těleso a má lehce vyklenutou přední plochu.



Obr. 4-9 Varianta III – celkové řešení

Do spodní části přední plochy je zabudován informační displej (viz Obr. 4-10).



Obr. 4-10 Varianta III – displej



Ukotvení předního krytu (viz Obr. 4-11) je řešeno pomocí šesti šroubu, které se připojují z přední strany. Místa pro umístění šroubů jsou plynule zahlobené do přední plochy na úrovni okraje krytu.



Obr. 4-11 Varianta III – kotvení krytu

Stejně jako u všech předchozích variant, se konektory připojují zespod do speciálně určeného místa (viz Obr. 4-5).

#### 4.4 Varianta IV

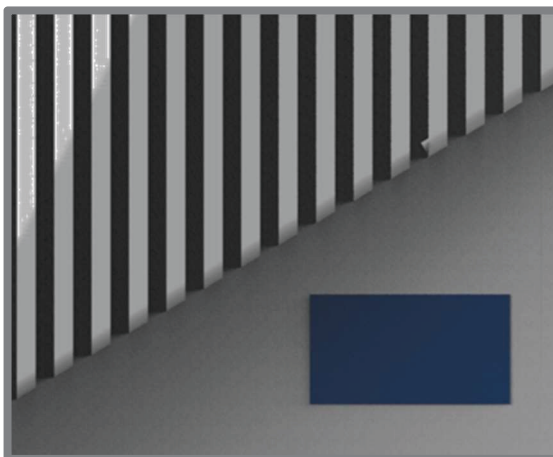
Základní těleso Varianty IV (viz Obr. 4-12) vytváří obdélník. Pomocí postupně měnících se tvarů žebor se vytváří asymetrický přední kryt. Při pohledu zepředu je přední kryt představen třemi trojúhelníky o různých velikostech.

Žebra tvořící přední kryt, mají zaoblené rohy. Díky orientaci žebor ve svislém směru je umožněn odtok vody při venkovním použití.



Obr. 4-12 Varianta IV – celkové řešení

Na svislé ploše bez žebrování je umístěn dotykový informační displej (viz Obr. 4-13).



Obr. 4-13 Varianta IV – displej

Přední kryt u Varianty IV se kotví pomocí 6 šroubu po třech s levé a pravé boční strany.



**Obr. 4-14** Varianta IV – kotvení krytu

Konektory (viz Obr. 4-5) u dané varianty se zapojují ze spodní strany fotovoltaického měniče.

## 5. TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální návrh vychází z varianty I. Tato varianta využívá skladbu geometrických tvarů a svým tvarováním se liší od současných výrobků nabízených na trhu.

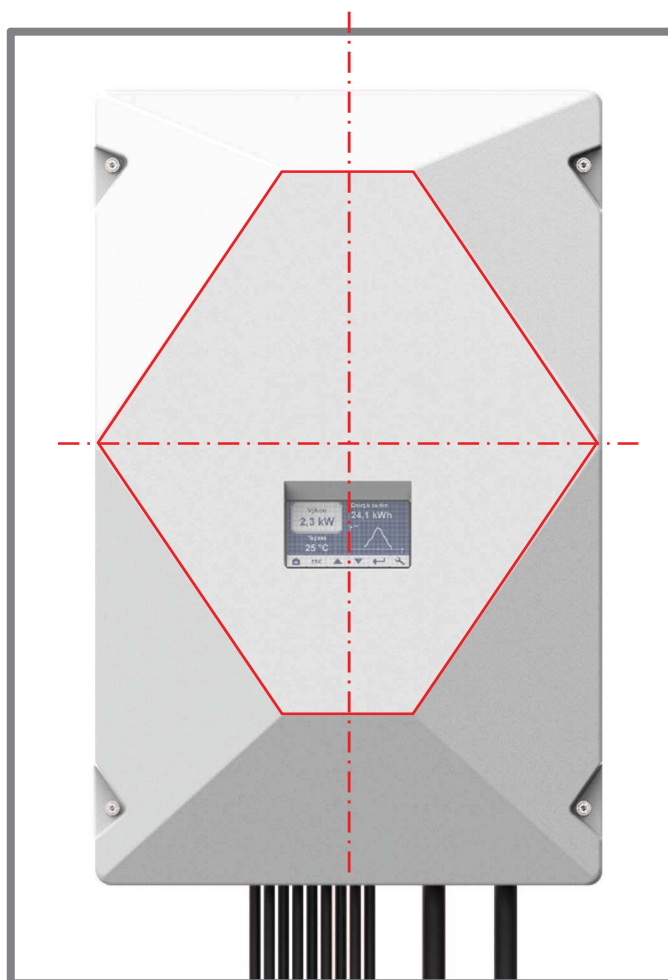
### 5.1 Tvarové řešení fotovoltaického měniče

Celkové těleso měniče se skládá ze 3 základních částí:

- předního kryta,
- zadního kryta,
- chladič.

#### 5.1.1 Přední kryt

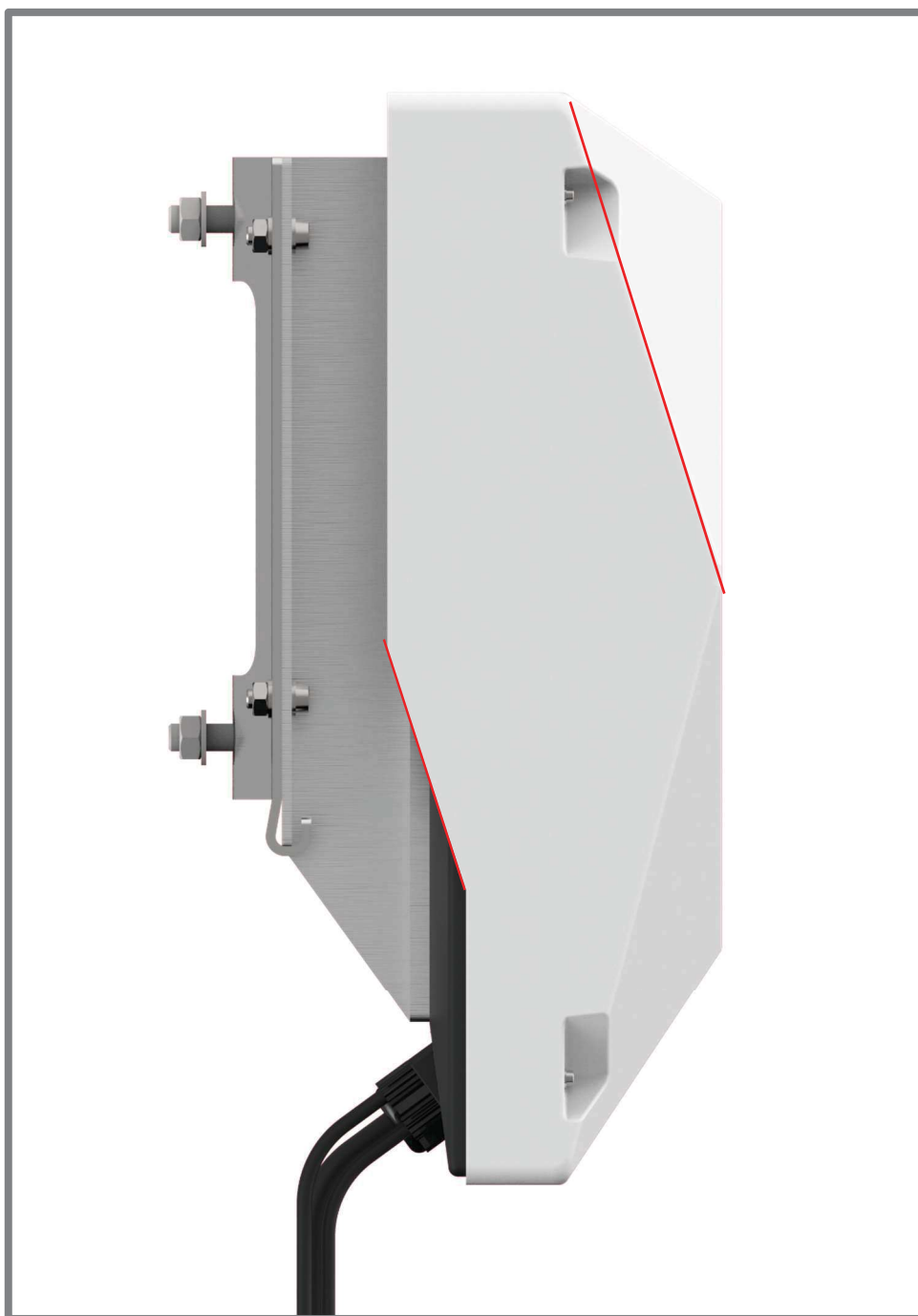
Základním prvkem předního krytu měniče je šestiúhelník (viz Obr. 5-1) umístěný uprostřed ve svislé ose a posunutý nahoru vůči vodorovné ose. Z každé hrany šestiúhelníku pod určitým úhlem vychází plocha. Plochy mají buď trojúhelníkový nebo lichoběžníkový tvar. Spojením hran všech 6 ploch pak vzniká čtyřúhelníkový obrys.



Obr. 5-1 Přední kryt – pohled zepředu

Všechny hrany krytu na jeho přední straně jsou jemně zaoblené. Hrany bočních ploch, jsou zaoblené a mají větší rádius. Použití zaoblení změkčuje tvar.

Horní a spodní plochy předního krytu mají obdélníkový tvar. Na ně navazují boční plochy, které vycházejí ze spojení trojúhelníku a čtyřúhelníku. V obou bočních plochách jsou výřezy pro lepší uchopení při manipulaci s měničem. Šikmá přímka výřezu je rovnoběžná s šikmou přímkou trojúhelníku (viz Obr. 5-2).



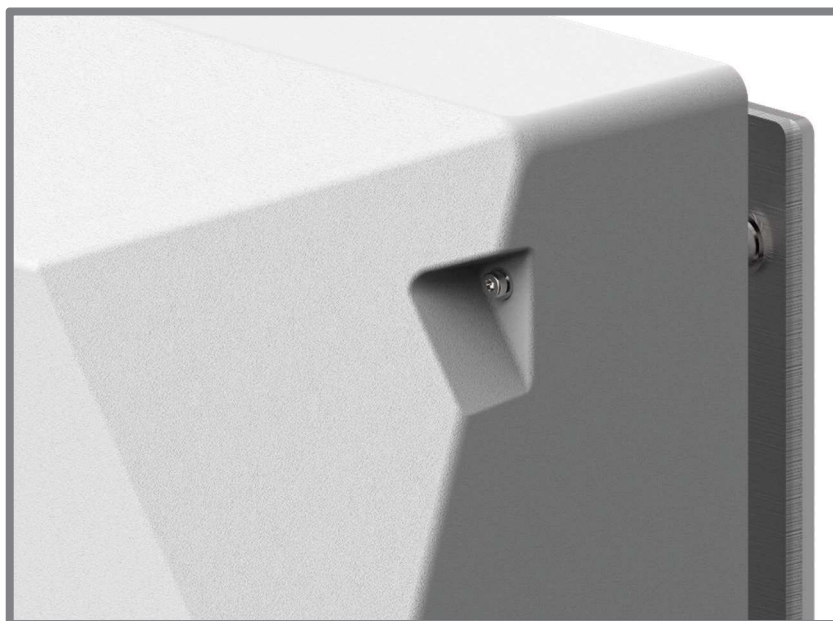
Obr. 5-2 Přední kryt – boční pohled

Hlavním ovládacím prvkem měniče je displej s membránovými tlačítky, který je zabudován do spodní části šestiúhelníku (viz Obr. 5-3). Vzhledem k základní ploše šestiúhelníku je povrch displeje odkloněn o 15 °. Po bočních stranách je displej olemován trojúhelníkovými plochami kolmými na plochu displeje. Displej je nahoře olemován nakloněnou čtyřúhelníkovou plochou.



Obr. 5-3 Displej

Ve všech čtyřech rozích krytu se nachází zhloubení pro umístění šroubů (viz Obr. 5-4). Zhloubení je vytvořené takovým způsobem, že každá jeho hrana je rovnoběžná s příslušnou povrchovou šikmou hranou krytu, vytvořenou trojúhelníkem.

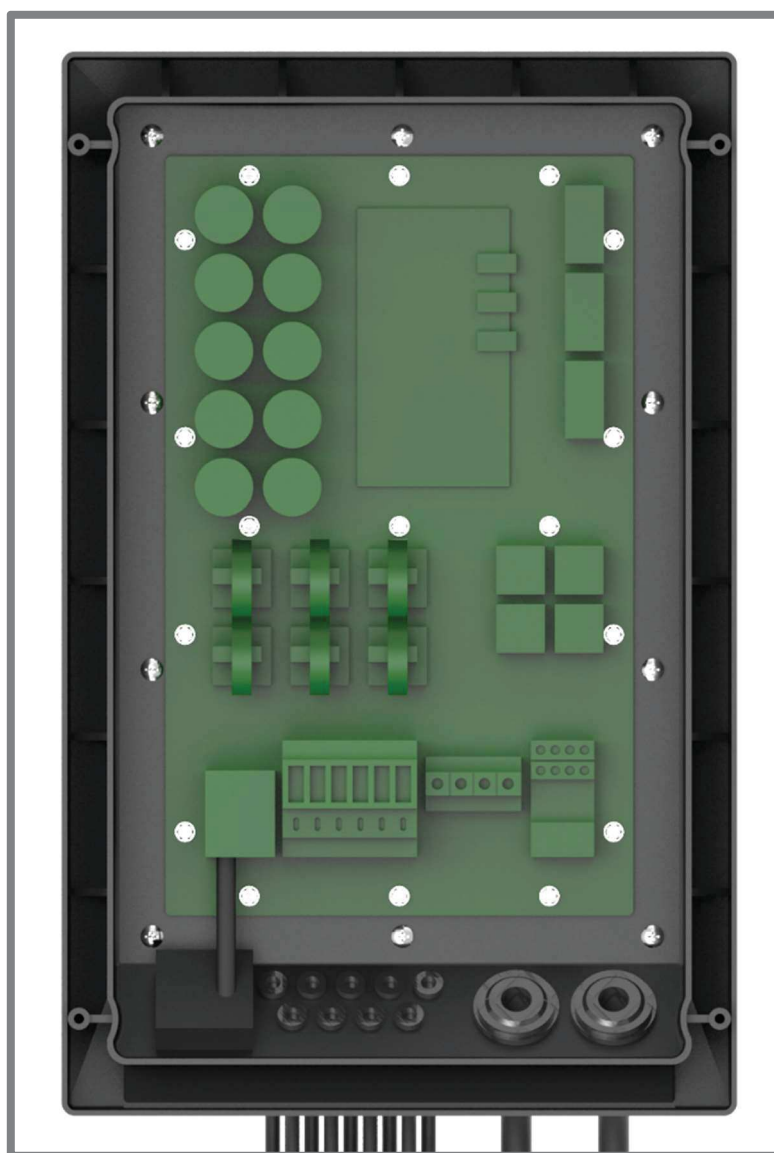


Obr. 5-4 Umístění otvorů pro šrouby

### 5.1.2 Zadní kryt

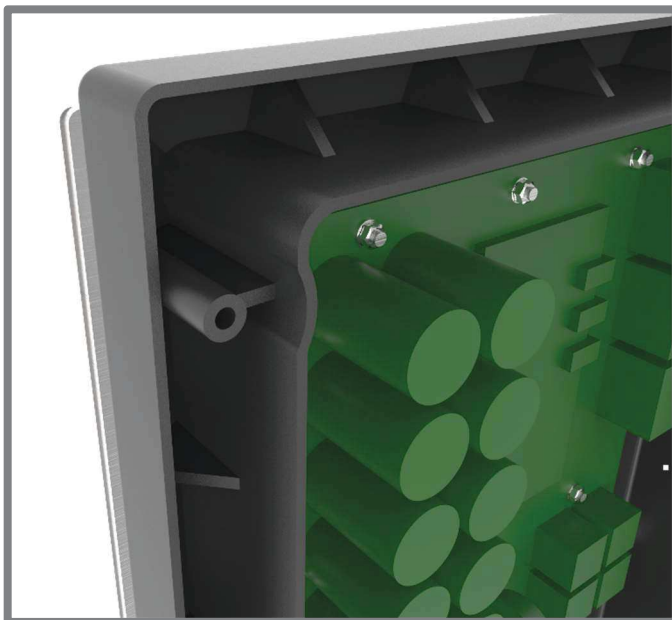
Zadní kryt měniče slouží především pro technické potřeby. Proto jeho tvarování koresponduje s funkční stránkou měniče a tvarem základní desky sloužící pro osazení funkčních prvků měniče.

Kryt má čtyřúhelný obrys se zaoblenými rohy. Uvnitř je kryt rozdělen na dvě části (viz Obr. 5-5). Rozdělení je provedeno pomocí plochy odsazené dovnitř od základního obrysu. Odsazená plocha má větší výšku než základní plocha. Do prostoru, ohraničenému vnitřní plochou se umístí elektronické zařízení.



Obr. 5-5 Zadní kryt – pohled zevnitř

V prostoru, vzniklém mezi obrysem vnější plochy a obrysem vnitřní plochy se nacházejí konstrukční prvky: výztužní žebra a místa pro šrouby kotvící přední kryt (viz Obr. 5-6).



Obr. 5-6 Vyztužení zadního krytu

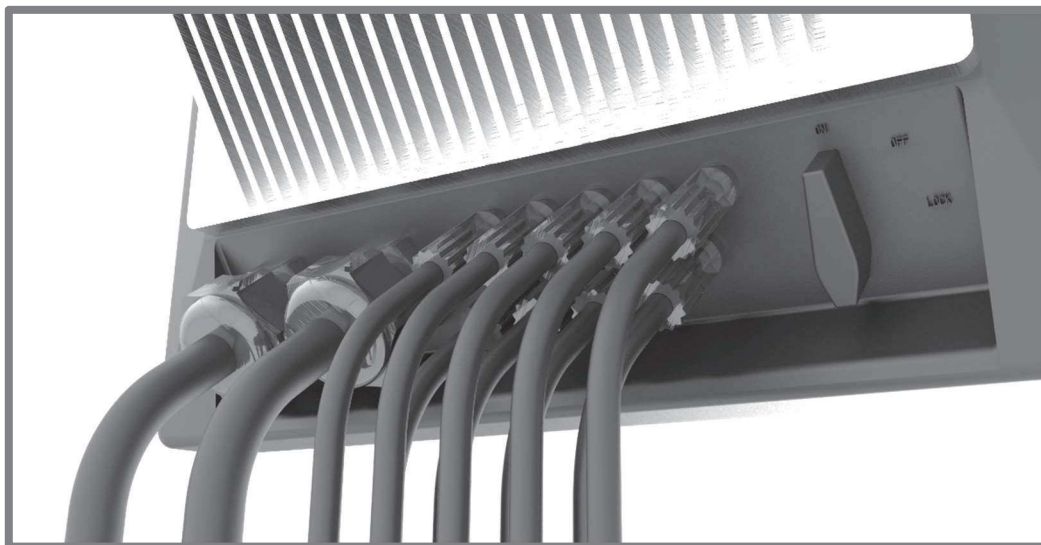
Do zadní plochy krytu je udělán výřez čtyřúhelníkového tvaru se zaoblenými rohy (viz Obr. 5-7). Po obvodu výřezu jsou umístěné otvory, pomocí kterých se kryt ukotví ke chladiči.



Obr. 5-7 Kotvení zadního krytu



Spodní plocha pro připojení konektorů je zkosená. V této ploše jsou otvory pro ukotvení konektorů. Také na spodní šikmé ploše se nachází hlavní otočný přepínač (viz Obr. 5-8). Přepínač má tři polohy: zapnuto, vypnuto a uzamčeno.



Obr. 5-8 Zapojení konektorů a přepínač

### 5.1.3 Chladič

5.1.3

---

Chlazení je technicky důležitá část fotovoltaického měniče. Chladič je tvořen plochou, opatřenou kolmými žebry (viz Obr. 5-9). Žebra vycházejí z čtyřúhelníkového tvaru, ale jejich spodní hrany jsou zkosené pro bezpečnější použití.



Obr. 5-9 Chladič

Poslední žebro z levé a pravé strany chladiče je ve tvaru písmena „L“. Na ploše rovnoběžné s přední plochou měniče jsou umístěné otvory pro ukotvení měniče na rámu (viz Obr. 5-10).



Obr. 5-10 Kotvení chladiče

## 5.2. Tvarové řešení rámu

Součástí fotovoltaického měniče je také rám (viz Obr. 5-11), který zajistí snadnější a bezpečnější montáž fotovoltaického měniče na zeď nebo rám fotovoltaické elektrárny.



Obr. 5-11 Rám

Rám měniče má čtvercový tvar, uprostřed kterého je vybrán materiál pro odlehčení konstrukce. Boční hrany rámu jsou ohýbané dvakrát: pod úhlem  $30^\circ$  vůči základní rovině rámu, a pak ještě jednou zpět pod úhlem  $30^\circ$ . Druhým ohýbáním vzniká plocha, rovnoběžná k základnímu tvaru. Na tyto plochy se fotovoltaický měnič kotví k rámu (viz Obr. 5-10).

Ohýbáním spodních bočních hran rámu vznikají dva háky (viz Obr. 5-12), které usnadňují montáž měniče na rám.

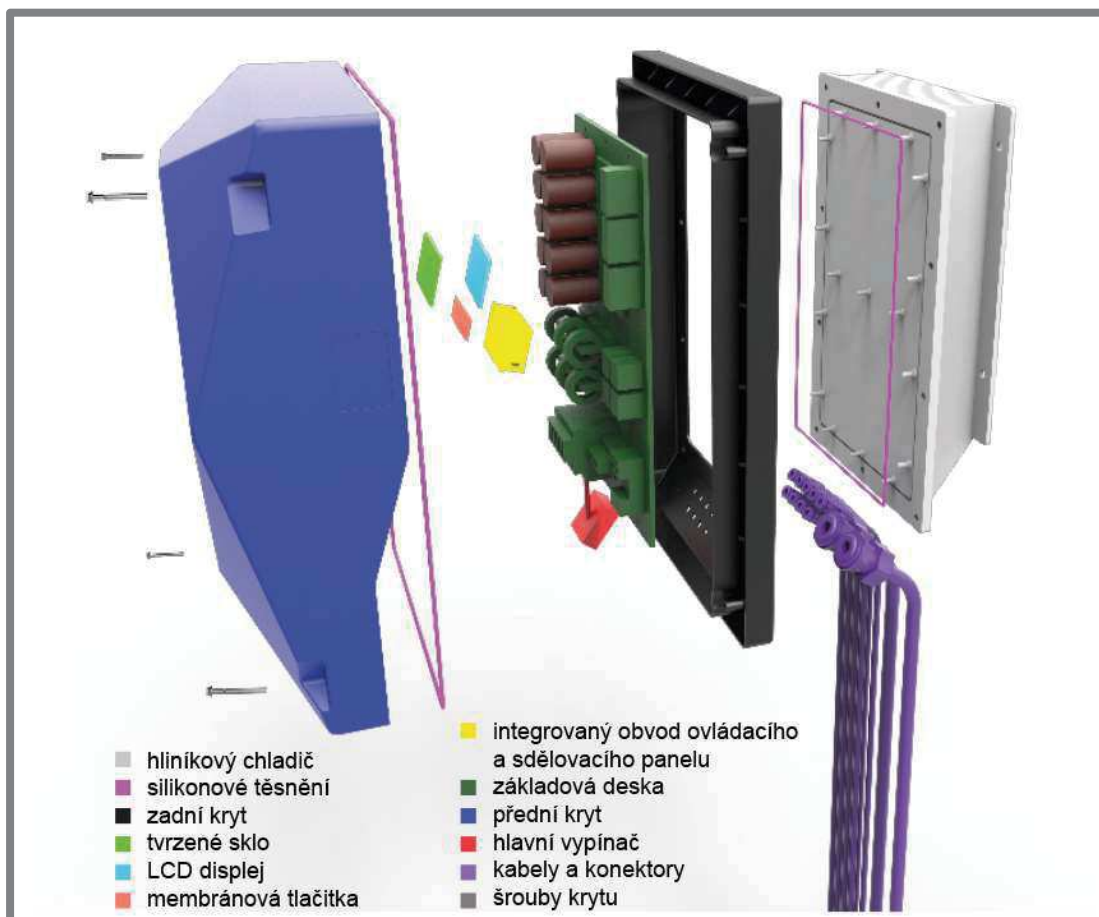


Obr. 5-12 Hak rámu

## 6. KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

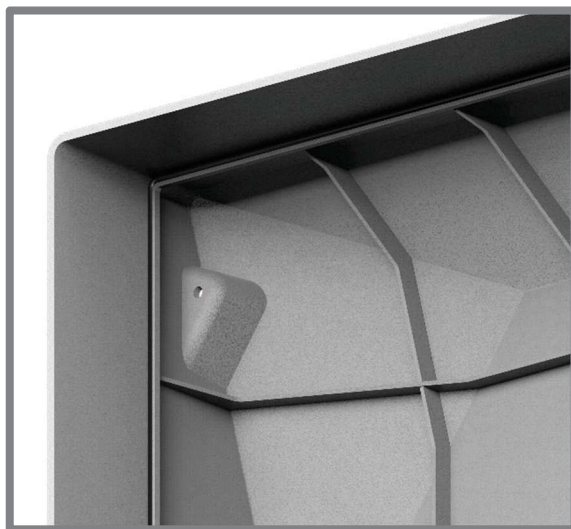
### 6.1 Konstrukčně technologické řešení

Ve vnitřním prostoru fotovoltaického měniče se nachází především elektrické zařízení. Podrobnější vnitřní uspořádání zobrazuje níže uvedené schéma (viz Obr. 6-1).



Obr. 6-1 Schéma vnitřního uspořádání

Přední a zadní kryty fotovoltaického měniče jsou vyrobené z plastu. Zajištění pevnosti a stability tvaru krytů je řešeno systémem výztuh. V předním krytu jsou vyztužující žebra umístěná podélně a příčně v celé délce a šířce krytu (viz Obr. 6-2). U zadního krytu je vyztužen prostor mezi vnější a vnitřní obdélníkovou plochou (viz Obr. 5-7).



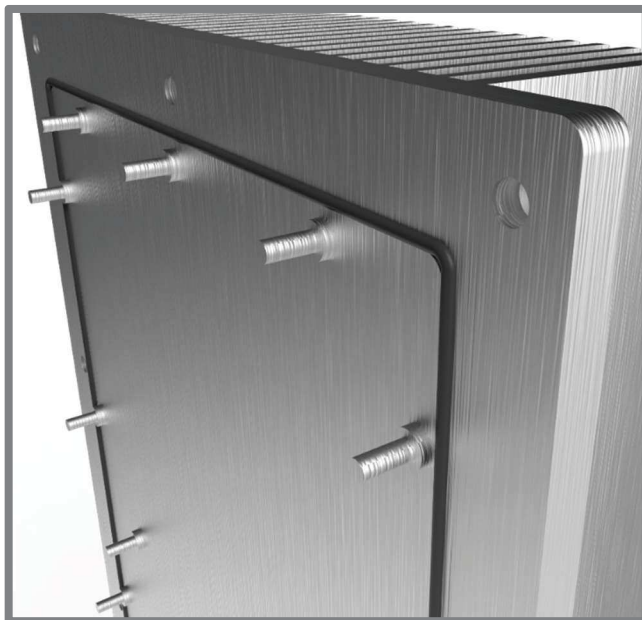
Obr. 6-2 Vyztužení předního krytu

Hlavním technologickým prvkem fotovoltaického měniče je deska s integrovanými obvody. Pod vlivem vnějších teplot a vysokého výkonu, se deska může zahřívat [17]. Vzduch uvnitř funkčního prostoru je ochlazován kontaktem základní desky s hliníkovými žebry. Objem vzduchu ve funkčním prostoru je dostatečný a prostřednictvím žebér se dostatečně bude ochlazovat. Toto uspořádání zabraňuje přehřátí elektrických elementů a samotného krytu. Konstrukční řešení umožňuje ochlazování vnitřního prostoru a tím funkčních elementů, jak povrchem krytu, tak i zadním žebrovaným pasivním chladičem. Deska s integrovanými obvody (Obr. 6-3) je umístěná v plastovém zadním krytu a je namontována na hliníkový chladič pomocí závitových tyčí. Mezi deskou a chladičem jsou použity distanční podložky. Díky otvoru v plastovém zadním krytu bude nadbytečné teplo přecházet přímo na hliníkový chladič a tím k chlazení krytu.



Obr. 6-3 Kotvení desky s integrovanými obvody

Pro zamezení vniknutí vody a prachu do měniče je použito těsnění. Jedno těsnění se nachází v drážce umístěné uvnitř předního krytu (viz Obr. 6-2). Druhé těsnění je umístěno v drážce na desce hliníkového chladiče (viz Obr. 6-4).



Obr. 6-4 Těsnění mezi chladičem a krytem

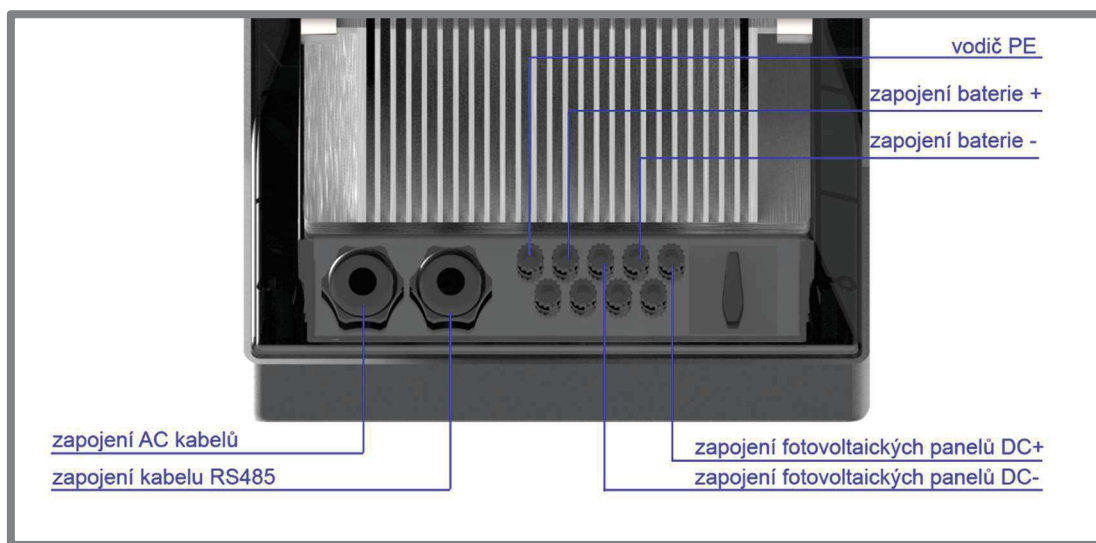
Dobré utěšňování konstrukce měniče zajišťuje vysoké IP krytí. Pro použití ve venkovním prostředí je třeba dodržet IP65. Což znamená, že krytování musí být prachotěsné a odolné vůči tryskající vodě [16].

Pro zapojení kabelů jsou použité kabelové průchodky. Pro zabezpečení proti vniknutí vody do kabelových průchodek horní plocha předního krytu byla prodloužená přibližně do poloviny hloubky chladiče (viz Obr. 6-5).



Obr. 6-5 Prodloužení horní plochy

Do spodní části zadního krytu se zapojují konektory. Podrobnější rozdělení konektoru zobrazuje níže uvedené schéma (viz Obr. 6-6).



Obr. 6-6 Zapojení konektorů

Pro sdílení informací byl použit dvoubarevný LCD displej o velikosti 4". Zvolený typ displeje má k dispozici kvalitnější a přesnější zobrazování důležitých informací. Ovládání je umožněno použitím membránových tlačítek. Membránová tlačítka vzhledově mohou být podobná jako dotyková tlačítka.

## 6.2 Použité materiály a technologie

6.2

Hlavním materiálem obou krytů je ABS plast zpracovaný vstřikováním do formy. ABS plast byl zvolen z důvodu jeho tepelné odolnosti, odolnosti proti vlhkosti a trvanlivosti. ABS plast nabízí širokou škálu barev. Oba kryty mají matný jednobarevný povrch a každý kryt tvoří jeden samostatný výlisek.

Materiálem pro chladič byl zvolen odlitek ze slitiny hliníku. Použití hliníkové slitiny je odůvodněno její vysokou tepelnou vodivostí. Pro zlepšení chladicích schopností je povrch chladiče elektrolyticky oxidován. [18]

Rám, na který se zavěšuje fotovoltaický měnič je vyrobený z ocelového plechu. Potřebného tvarování je dosaženo pomocí řezání ocelového plechu laserem a následujícím ohýbáním. Rám může být z nerezového plechu nebo z ocelového plechu s povrchovou protikorozní úpravou.

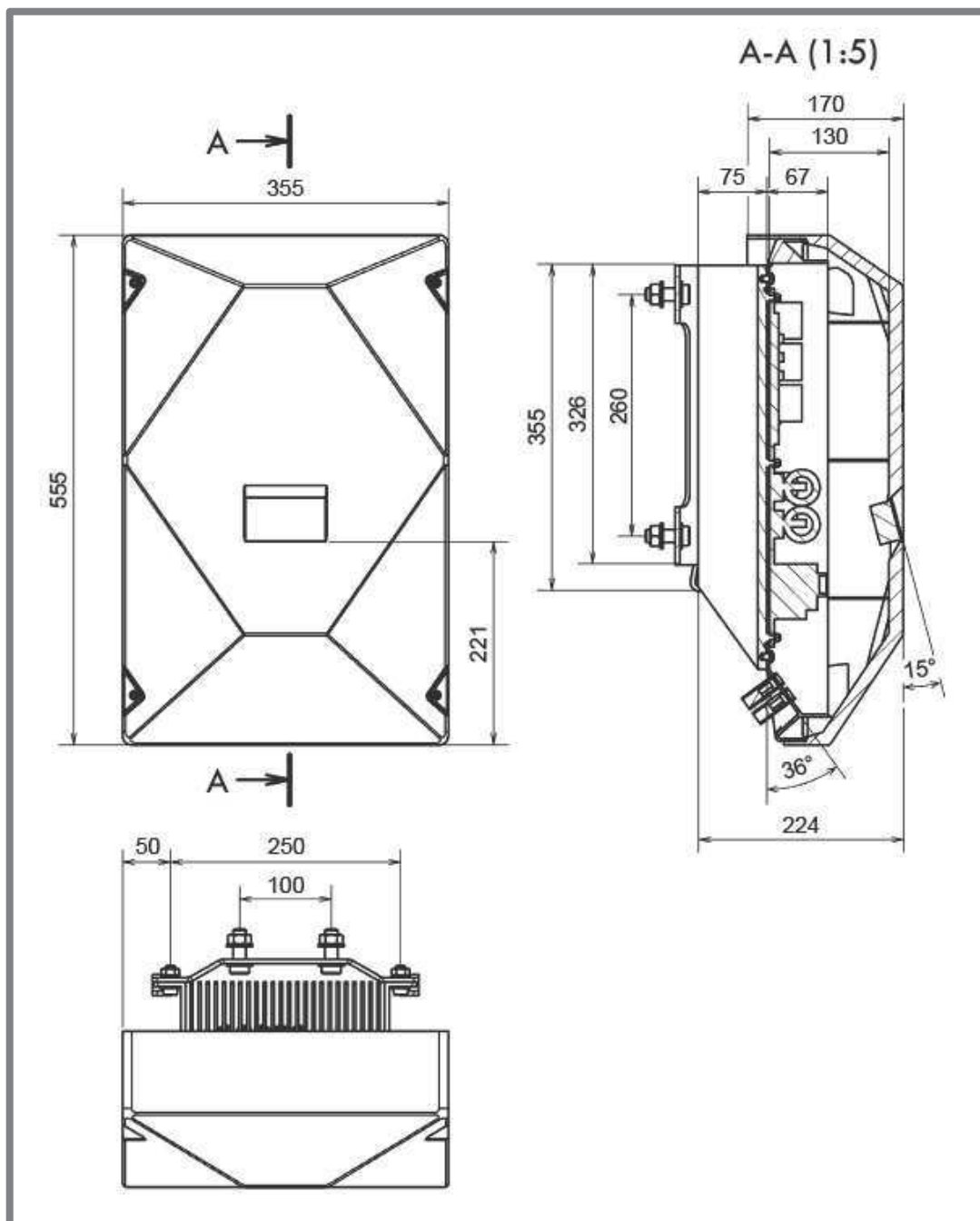
Pro kotvení předního a zadního krytu mezi sebou je použito nerezových šroubů typu torx dle ISO 14580. Stejného typu šroubů je použito pro kotvení měniče k rámu.

Pro kotvení rámu ke stěně nebo nosné konstrukce fotovoltaické elektrárny jsou zvolené nerezové šestihranné šrouby dle ČSN EN ISO 4017.



### 6.3 Rozměrové řešení

Celkové rozměry (viz Obr. 6-7) korespondují s technickými požadavky fotovoltaického měniče.



Obr. 6-7 Celkové rozměry

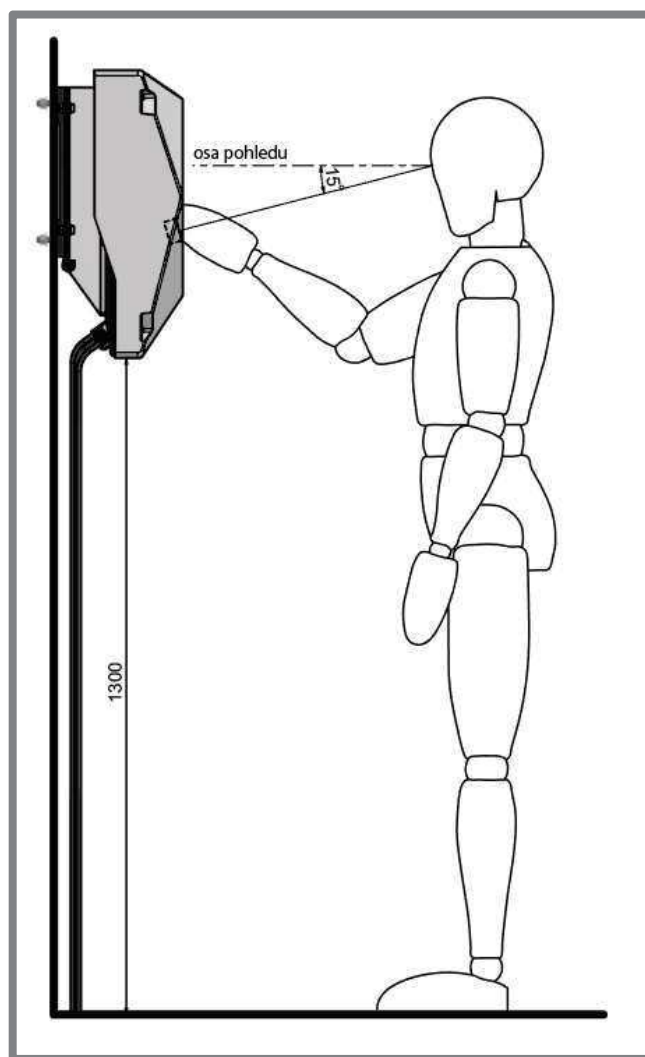


## 6.4 Ergonomické řešení

Fotovoltaický měnič se montuje na zeď nebo nosnou konstrukce fotovoltaické elektrárny. Z ergonomického hlediska nejdůležitějšími parametry jsou: výška a úhel náklonu displeje a pohodlnost montáže. Při montáži měniče na zeď případně na nosnou konstrukci fotovoltaické elektrárny je nutné zohlednit výšku vhodnou pro pohodlné čtení sdělované informace. Ale v případě montáže na nosnou konstrukci je nutné umístit měnič pod panely do stínu, což může vést k umístění měniče do nižší polohy, než je uvedeno dále.

### 6.4.1 Ovládací a sdělovací displej

Displej je umístěn pod horizontální osou měniče. Sdělovací plocha je natočena o  $15^\circ$  vůči svislé ploše čelního krytu měniče. Ideální výška montáže od země se rovná  $1\,300\text{ mm} \pm 50\text{ mm}$  (viz Obr. 6-8). Tato výška je určena pro uživatele s průměrnou postavou, při které by se uživatel nemusel naklánět, aby si mohl sdělovanou informaci přečíst. Fotovoltaický měnič může být namontován i níž, než je uvedená výška.



Obr. 6-8 Ergonomie zavěšení

Ovládací tlačítka jsou umístěna v jedné rovině s displejem. Tlačítka jsou zvolená membránová z důvodu venkovního použití. U dotykových tlačítek může dojít k selhání při dešti. U tlakových tlačítek může dojít k vniknutí vody a prachu dovnitř konstrukce.

Pro pohodlné použití bylo zvoleno 6 tlačítek, umístěných u spodní hrany displeje. Jsou to tlačítka: Domů, ESC, Nahoru, Dolů, Enter, Nastavení. Všechna tlačítka jsou označená příslušným piktogramem s výjimkou ESC (viz Obr. 6-9). Na první pozici vlevo je umístěno tlačítko „Domů“, označené zjednodušeným zobrazením domu. Tato pozice se nebude používat tak často jako tlačítka s „šipkami nahoru a dolů“, kterými se přepíná mezi obrazovkami. Z tohoto důvodu jsou šipky umístěny uprostřed řady. Tlačítko zpět, označené anglickou zkratkou „ESC“, je umístěno vlevo od „šipky nahoru“. Tato pozice je odůvodněná možností jeho rychlého použití při omylu. Tlačítko „Enter“, označené šipkou směřující doleva s otočeným koncem nahoru, je umístěno vpravo od „šipky dolů“. Tato pozice je vhodná pro možnost rychlé volby. Poslední tlačítko, vyvolávající panel „Nástroje“ je umístěno na poslední pozici vpravo. Důvodem tohoto umístění bylo méně časté použití tohoto tlačítka.

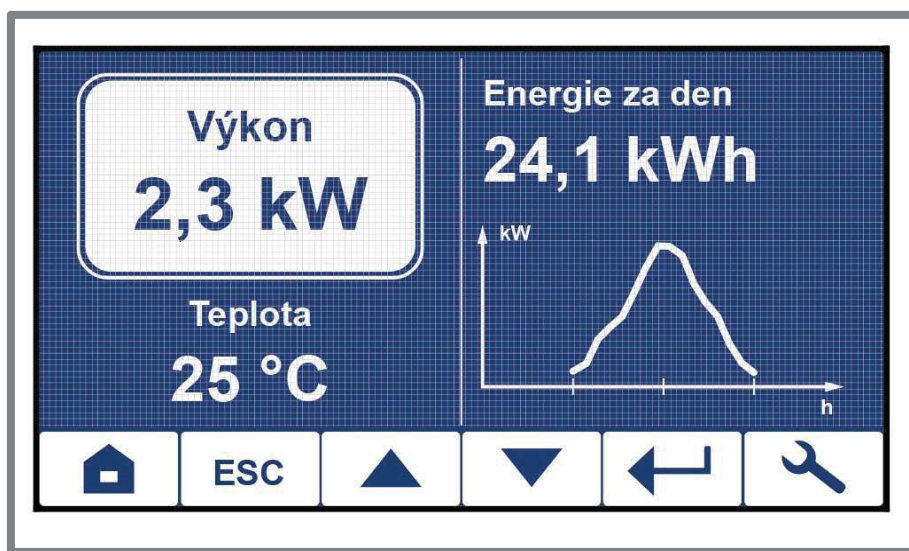


Obr. 6-9 Ovládací tlačítka

Pro displej byla použita kombinace tmavě-modrého pozadí s bílým písmem a piktogramy. Tlačítka jsou inverzní: na bílém pozadí modré piktogramy.

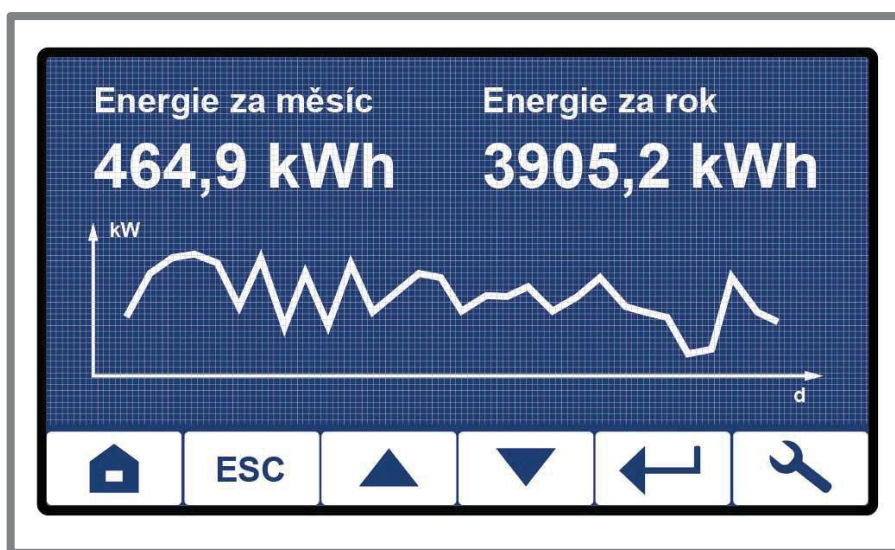
Displej má k dispozici čtyři nastavovací obrazovky. Přepínání, mezi nimi je možné za použití příslušných tlačítek. Pro vrácení na hlavní panel stačí zmáčknutí tlačítka „Domů“.

Hlavní obrazovka ukazuje nejdůležitější informace (viz Obr. 6-10). V levém horním rohu je umístěná informace o okamžitém výkonu fotovoltaického měniče v kW. Tato informace je zvýrazněná jejím umístěním do bílého obdélníku se zaoblenými rohy. Pod ní se nachází informace o aktuální venkovní teplotě. Uprostřed panelu je umístěna svislá čára, vizuálně oddělující sdělovaná aktuální data od dat nasbíraných za den. V pravém horním rohu je zobrazena celková energie, vyrobená během dne. Pod ní se průběžně vykresluje graf, ukazující výkon během dne v závislosti na čase.



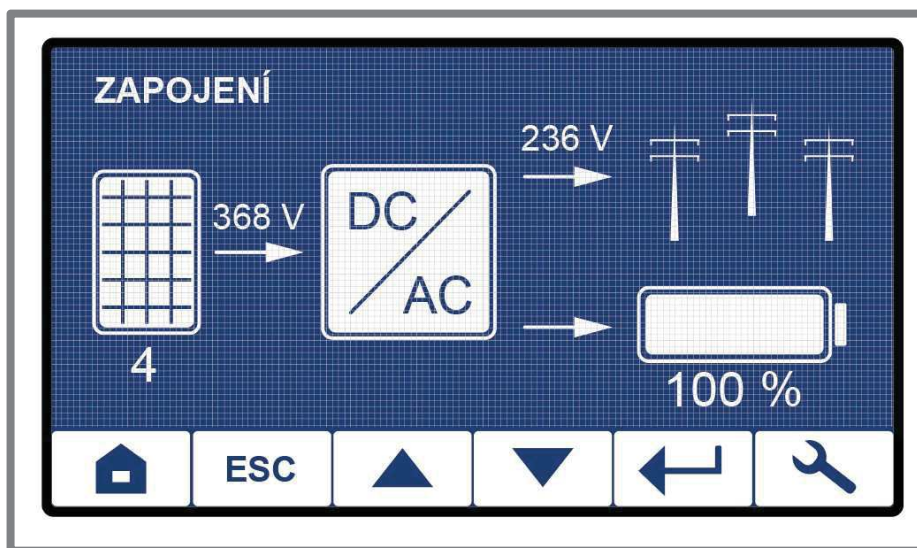
Obr. 6-10 Hlavní sdělovací panel

Při zmáčknutí „šipky dolů“ se uživatel dostane na další panel (viz Obr. 6-11), který ukazuje celkovou energii, vyrobenou za měsíc a rok. V horním levém rohu se nachází informace o energii vyrobené za aktuální měsíc. V pravém horním rohu se ukazuje informace o energii vyrobené od začátku roku. Dole na celou šířku panelu se průběžně vykresluje graf, ukazující průměrný výkonem v závislosti na dnech v měsíci.



Obr. 6-11 Druhý sdělovací panel

Po dalším zmáčknutí šípky dolů se uživatel dostane na panel sdělující informace o zapojení fotovoltaického systému (viz Obr. 6-12). Vlevo je umístěno zjednodušené zobrazení fotovoltaického panelu, pod kterým je vypsán počet zapojených panelů v okamžiku, kdy se uživatel na displej dívá. Dál následuje šipka doprava, nad kterou se vypisuje aktuálně dodávané napětí od panelů. Šipka směřuje k pictogramu, označujícímu fotovoltaický měnič. Dál následují dvě šipky. Horní šipka směřuje k symbolickému označení rozvodné sítě. Nad šipkou se zobrazuje aktuálně dodané napětí. Spodní šipka směřuje k pictogramu se zobrazením baterky. Pod pictogramem se zobrazuje aktuální nabíjení baterie.



Obr. 6-12 Panel zapojení

Pro nastavení potřebných údajů, se uživatel dostane na panel Nastavení (viz Obr. 6-13) zmáčknutím tlačítka se zobrazením klíče. V tomto panelu se dá nastavit datum a čas, země, jazyk a připojení na Wi-Fi síť. Vybrat mezi nabízenými varianty je možné pomocí šipek nahoru a dolů a následujícím zmáčknutí tlačítka „Enter“. Při chybném výběru se zmačkne „ESC“.

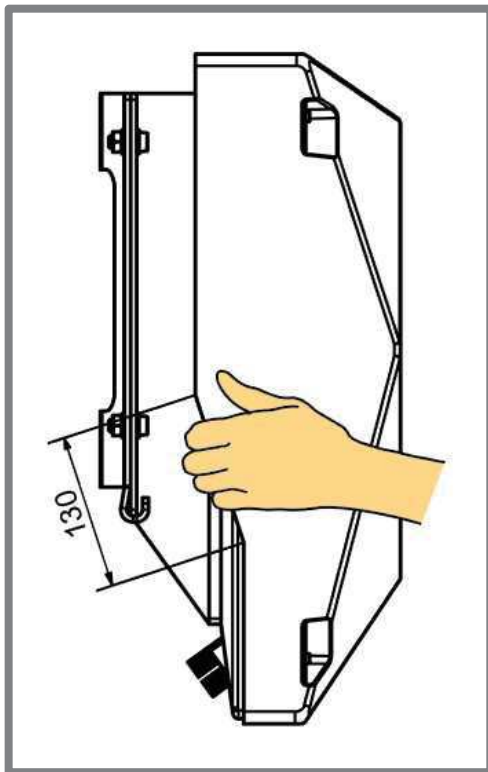
NASTAVENÍ	
Datum a čas	25.6.2018 11:17
Země	Česká republika
Wi-Fi	10.0.0.156
Jazyk	Český

Navigation bar: Home, ESC, Up, Down, Left, Wrench.

Obr. 6-13 Panel nastavení

### 6.4.2 Ergonomické řešení předního krytu

Pro lepší uchycení rukou, během montáže předního krytu, je na jeho bočních stranách provedeno zkosení (viz Obr. 6-14). Délka hrany, vzniklé zkosením je 130 mm. Úhel zkosení je 18 °.



Obr. 6-14 Uchýt předního krytu



## 7. BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Použité barvy navazují na způsob užívání výrobku. Fotovoltaický měnič se může používat jak ve vnitřních, tak i ve venkovních prostorech. Proto je kladen důraz na barevnost vhodnou pro obě použití.

### 7.1 Barevní řešení

Přední kryt je nejvíce pohledový a přitahuje na sebe pozornost. Kryt má výrazné tvarování, proto pro něj bylo zvolené jednobarevné řešení, a to v bílé barvě s výrazným oranžovo-červeným logem (viz Obr. 7-1). Kryt má matný povrch, a proto na něj nebude tolik viditelný prach. Bílá barva je také vhodná při venkovním použití, protože nepřitahuje tolik slunečního světla, jako tmavší barvy.



Obr. 7-1 Barevné řešení předního krytu

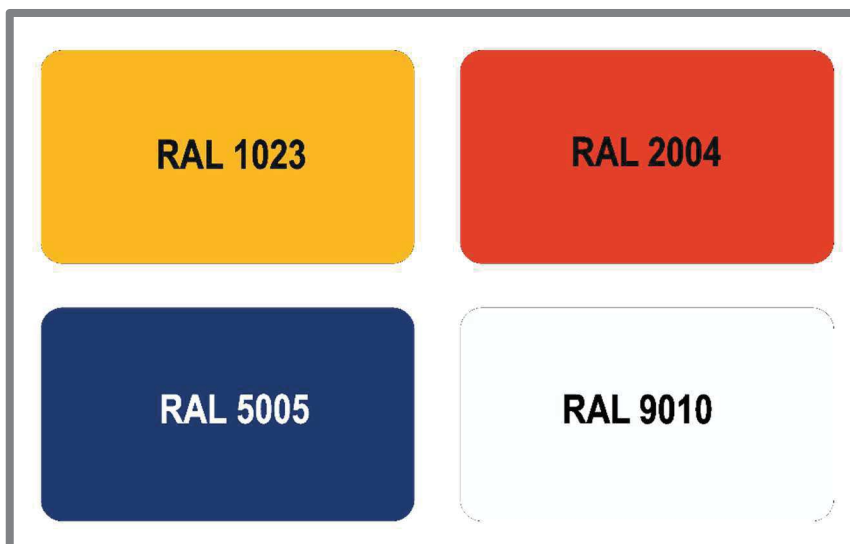
Zadní kryt je prakticky neviditelný při běžném použití měniče. Proto pro něj byla zvolená matná černá barva. U chladiče a rámu jsou ponechané jejich původní metalické barvy.

Pro další barevnou variantu byla zvolena kombinace žlutého předního krytu a modrého loga. Třetí varianta má červeno-oranževý kryt a žluté logo. Poslední varianta má modrý kryt a červeno-oranževé logo. Všechny tři varianty jsou představené níže na obrázku (viz Obr. 7-2).



Obr. 7-2 Barevné varianty

Všechny použité barvy odpovídají označení dle standartu RAL (viz Obr.7-3).



Obr. 7-3 Použité odstíny dle RAL

## 7.2 Logotyp

Název fotovoltaického měniče Sunlight se překládá z angličtiny jako sluneční svit. Což je spojeno s hlavní funkcí fotovoltaického měniče – čerpání slunečního svitu a jeho převodem na elektrickou energii.

7.2

---

V logu (viz Obr. 7-4) nad slovem „sun“ jsou zobrazené tři trojúhelníky umístěné podle neviditelného kruhu se středem uprostřed písmena „u“. Spodní přímky trojúhelníků jsou prohnuté dle obrysu kruhu. Tímto způsobem kolem „sun“ se vytváří symbol slunce. Což je spojené také s překladem samotného slova „sun“ – slunce.



Obr. 7-4 Logotyp

Pro vytváření loga byl použit bezpatkový font písma Imact. Barva loga se může lišit na základě barevného řešení krytu.

Na předním krytu měniče je logo umístěno na šestiúhelníkové ploše nad vodorovnou osou. Má rozměry (89 x 36) mm. Logo je lehce vtlačeno do tělesa krytu (viz Obr. 7-5).

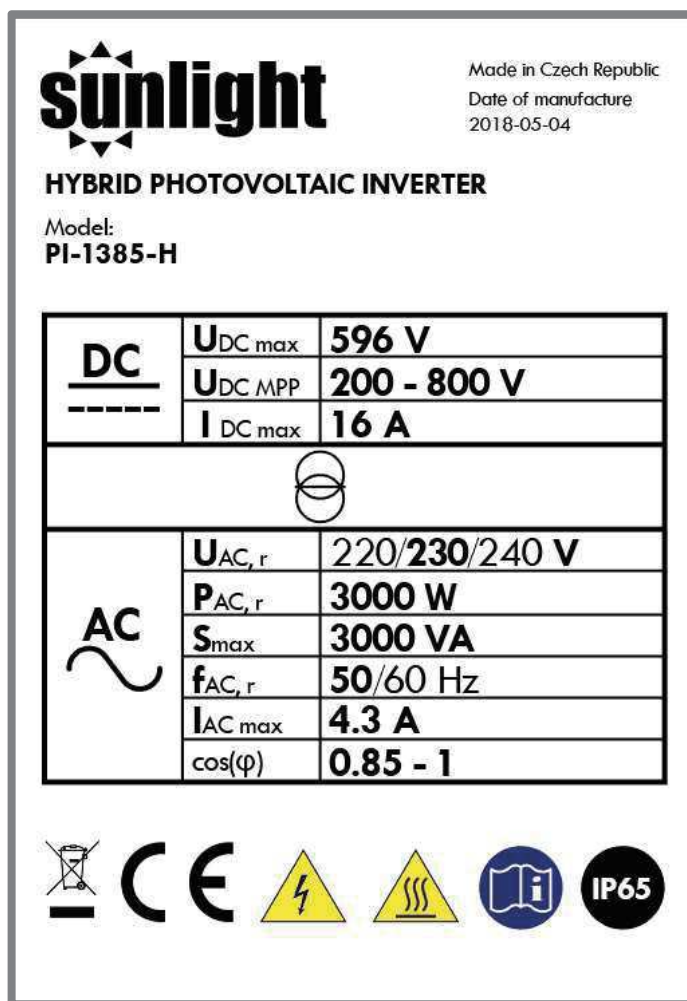


Obr. 7-5 Logo na předním krytu



### 7.3 Řešení štítku s nezbytnou informací

Na boční straně předního krytu se nachází místo určené pro nalepení informačního štítku. Štítek (viz Obr. 7-6) obsahuje důležité informace popisující technické charakteristiky výrobku. Jsou to následující informace: název výrobku, číslo modelu, výrobce, datum výroby, provozní hodnoty charakteristických veličin střídavého a stejnosměrného proudu, recyklační značka, značka o certifikaci produktu, bezpečnostní a informativní piktogramy [17].



Obr. 7-6 Informační štítek

---

## 8. DISKUZE

---

### 8.1 Psychologická funkce

Geometrické tvarování fotovoltaiického měniče zdůrazňuje, že jde o technickou věc. Ale díky vhodnému barevnému řešení přístroj nepůsobí nebezpečně. Konstrukce měniče byla vyřešena tak, aby nemohlo dojít k úrazu při použití přístroje v souladu s příloženými instrukcemi. Zvolený materiál krytu zabraňuje ohřívání měniče na vysoké teploty. Řešení chladiče se zkosenými spodními hranami žebër zabezpečuje pohodlné zapojení konektorů. Tvarová a konstrukční řešení všech částí měniče jsou navržena s ohledem na bezpečnost a pohodlí při jejich použití a montáži.

---

### 8.2 Ekonomická funkce

V současné době se ceny na hybridní třífázové měniče s výkonem do 5 kWp pohybují v rozmezí od 20 000 Kč do 55 000 Kč. Výše ceny je závislá hlavně na technických parametrech a značce.

Odhadována cena tohoto návrhu by mohla být od 50 000 Kč. Hlavním důvodem vysoké ceny je IP 65 pro krytování měniče. Také určitý vliv na cenu má složitější tvarování tělesa měniče. Použití LCD displeje je dražší, ale umožňuje sdělování většího počtu informací, které v současné době nabízejí výrobci prostřednictvím mobilní aplikace se stanoveným měsíčním paušálem. I přesto by se finální cena výrobku neměla výrazně lišit od nejdražších modelů, představených na současném trhu.

---

### 8.3 Sociální funkce

Produkt je určen pro majitele rodinných domků a malých fotovoltaiických elektráren, kteří si přejí zdůraznit svoji chuť šetřit životní prostředí, a proto se nebojí ukázat veřejností i technické detaily s tím spojené. Pro lidi, kteří umí ocenit nejen technickou stránku přístroje, ale také i jeho vzhled.

## 9. ZÁVĚR

---

**9**

Na základě designové, technické a marketingové analýzy existujících fotovoltaických měničů bylo zjištěno, že současná nabídka pořad není tak široká, jak u jiných výrobků. Navíc drtivá část přístrojů působí příliš technicky, i když někteří výrobci se snaží navrhnout produkty, schopné stát se samostatnou částí interiéru. Cílem práce bylo navrhnout hybridní fotovoltaický měnič, který splní technické a ergonomické požadavky a při tom zachová atraktivní vzhled.

Jako inspirace k tomuto návrhu posloužila moderní architektura. V tvarovém řešení produktu převládají geometrické tvary, což zdůrazňuje technické určení přístroje. Design měniče respektuje jeho funkční stránku a podporuje ho v celku a v detailech. Velký důraz byl kladen na ergonomie produktu. Pro ulehčení montáže měniče byla navržena udělané zkosení na jeho předním krytu a háky na rámu pro ulehčení šroubování. Díky použití pasivního chlazení zajišťovaného hliníkovým chladičem bylo dodrženo IP 65. Použití LCD displeje umožnilo sdělování většího počtu informací. Volba ABS plastu, jako základního materiálu, podstatně zmenšila celkovou hmotnost výrobku, ale díky vhodnému konstrukčnímu řešení byla zachována bezpečnost.

---

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika: elektrina ze slunce*. 2. vyd. Praha: EkoWATT, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [2] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. Ostrava: HEL, 2011. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [3] Vanguard 1 Transmitter. *Antique Radios, 293 032 Antique Radios listed* [online]. Dostupné z: [https://www.radiomuseum.org/forum/vanguard\\_1\\_transmitter.html](https://www.radiomuseum.org/forum/vanguard_1_transmitter.html)
- [4] SUNNY TRIPOWER 5000TL-12000TL | SMA Solar. *Wechselrichter, Photovoltaik- & Solartechnik | SMA Solar* [online]. Copyright © SMA Solar Technology AG [cit. 07.01.2018]. Dostupné z: <https://www.sma.de/en/products/solarinverters/sunny-tripower-5000tl-12000tl.html>
- [5] Fronius Symo Hybrid 3.0-3-S. [online]. Copyright © 2017 [cit. 08.01.2018]. Dostupné z: <http://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/inverters/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-3-0-3-s>
- [6] Residential. *huawei fusionsolar* [online]. Copyright © 2017 Huawei Technologies Co., Ltd. All rights reserved. [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: <http://solar.huawei.com/eu/Residential>
- [7] Brochure: FusionHome Smart Energy Solution. In: *Huawei: Residential* [online]. Shenzhen: Huawei Technologies Co., 2018 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://solar.huawei.com/en-GB/download?p=%2F~%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Feu%2Fbrochure%2FFusionHome-Brochure-EndUsers-EN-1-3.pdf>
- [8] coolcept-x StecaGrid 1500x, StecaGrid 2000x, StecaGrid 2500x, StecaGrid 3010x, StecaGrid 3600x, StecaGrid 4200x :: Steca Elektronik GmbH, 87700 Memmingen. :: *Steca Elektronik GmbH, 87700 Memmingen* [online]. Copyright © [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: <http://www.steca.com/index.php?coolcept-x-StecaGrid-1500x-4200x-en>
- [9] THREE PHASE ON-GRID PV INVERTER – 亞源科技股份有限公司. 亞源科技股份有限公司 – *Asian Power Devices Inc.* [online]. Copyright © 2018 Copyright [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: [http://www.apd.com.tw/en/portfolio-item/three\\_phase\\_on-grid\\_pv\\_inverter/](http://www.apd.com.tw/en/portfolio-item/three_phase_on-grid_pv_inverter/)
- [10] Our vision - solar energy - Fronius. [online]. Copyright © 2017 [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: <https://www.fronius.com/en/photovoltaics/about-us/our-vision>
- [11] SnapINverters - solar energy - Fronius. [online]. Copyright © 2017 [cit. 09.01.2018]. Dostupné z: <https://www.fronius.com/en/photovoltaics/expertise/snapinverters>

- [12] About SMA | SMA Solar. *Wechselrichter, Photovoltaik- & Solartechnik* | SMA Solar [online]. Copyright © SMA Solar Technology AG [cit. 23.01.2018]. Dostupné z: <https://www.sma.de/en/company/about-sma.html>
- [13] HASELHUHN, Ralf a Petr MAULE. *Fotovoltaické systémy: energetická příručka: pro elektrikáře, techniky, instalatéry, projektanty, architekty, inženýry, energetiky, manažery, stavitele, studenty, učitele, ostatní odborné a profesní soukromé nebo veřejné instituce a zájemce o fotovoltaický obor a energetickou nezávislost*. Plzeň: Česká fotovoltaická asociace, 2017. ISBN 978-80-906281-5-1.
- [14] Solární měniče: do 5kW. *ShopSolarPartner: do 5kW* [online]. Praha: SolarPartner, 2018 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/do-5-kw/>
- [15] Fotovoltaické střídače. *Solar shop, Solární panely, solární kolektory, fotovoltaické elektrárny, obchod* [online]. [cit. 13.02.2018]. Dostupné z: <https://www.obchodsolar.cz/fotovoltaicke-stridace>
- [16] ČSN EN 60529 (330330) *A Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [17] VLČEK, Jiří. *Bezpečnost elektrických zařízení: příručka pro konstruktéry*. Praha: BEN - technická literatura, 2007. ISBN 978-80-7300-222-0.
- [18] LÁNÍČEK, Robert. *Elektronika: obvody, součástky, děje*. Praha: BEN - technická literatura, 1998. ISBN 80-86056-25-2.
- [19] The Conga Room | designzens.com. *Home Page* | designzens.com [online]. Copyright © Copyright 2015 [cit. 15.03.2018]. Dostupné z: <http://www.designzens.com/article/2009/02/12/conga-room>
- [20] Guillaume Rio (GuillaumeRio) Photos / 500px. *The most passionate photography community / 500px* [online]. Copyright © [cit. 15.03.2018]. Dostupné z: <https://500px.com/guillaumerio>
- [21] بوشكان نيوز | موزیک نوشت (۱۳) | [online]. Copyright © 2017 Bushkan News Agency [cit. 15.03.2018]. Dostupné z: <http://bushkannews.ir/45985/https://www.architectural-review.com/buildings/broad-art-museum-by-zaha-hadid-architects-michigan-usa/8639842.article>
- [22] Archdaily [online]. Copyright © Jeffrey Cheng [cit. 15.03.2018]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/224858/in-progress-china-steel-corporation-headquarters-artech-architects/model-02-104>
- [23] Broad Art Museum by Zaha Hadid Architects, Michigan, USA | Buildings | Architectural Review. *The Architectural Review* | Online and print magazine about international design [online]. Copyright © 2002 [cit. 15.03.2018]. Dostupné z: <https://www.architectural-review.com/buildings/broad-art-museum-by-zaha-hadid-architects-michigan-usa/8639842.article>

---

## 11. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
kWp	kilowatt-peak
V	volt
VA	voltampér
ABS	akrylonitril-butadien-styren
LCD	liquid crystal display
MPPT	sledování maximálního výkonového bodu
MPP	maximální výkonový bod
AC	střídavé napětí
DC	stejnoseměrné napětí
IP	mezinárodní ochrana
Wi-Fi	wireless local area networking
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
ESC	escape
$U_{DC \max}$	maximální vstupné napětí
$U_{DC \text{ MPP}}$	užitečný rozsah napětí MPP
$I_{DC \max}$	maximální vstupní proud
$U_{AC, r}$	síťové připojení
$P_{AC, r}$	jmenovitý výkon
$S_{\max}$	maximální zdánlivý výkon
$f_{AC, r}$	frekvence
$I_{AC \max}$	maximální výstupní proud
$\cos(\varphi)$	účinník

**12. SEZNAM OBRÁZKŮ****12**

Obr. 2-1 Družice Vanguard 1 [3]	17
Obr. 2-2 SMA-SUNNY POWER [4]	18
Obr. 2-3 Fronius – Symo Hybrid [5]	18
Obr. 2-4 Huawei-Smart Energy Center [7]	19
Obr. 2-5 Steca-Collcept-x [8]	20
Obr. 2-6 PrimeVOLT [9]	21
Obr. 2-7 Montáž fotovoltaického měniče Fronius [11]	22
Obr. 2-8 Montáž fotovoltaického měniče SMA [12]	22
Obr. 2-9 SWOT analýza	24
Obr. 2-10 Systém chlazení [12]	25
Obr. 4-1 Inspirační koláž – geometrie v architektuře [19, 20, 21, 22, 23]	28
Obr. 4-2 Varianta I – celkové řešení	28
Obr. 4-3 Varianta I – displej	29
Obr. 4-4 Varianta I – kotvení krytu	29
Obr. 4-5 Varianta I – místo pro zapojení konektorů	30
Obr. 4-6 Varianta II – celkové řešení	30
Obr. 4-7 Varianta II – displej	31
Obr. 4-8 Varianta II – kotvení krytu	31
Obr. 4-9 Varianta III – celkové řešení	32
Obr. 4-10 Varianta III – displej	32
Obr. 4-11 Varianta III – kotvení krytu	33
Obr. 4-12 Varianta IV – celkové řešení	34
Obr. 4-13 Varianta IV – displej	34
Obr. 4-14 Varianta IV – kotvení krytu	35
Obr. 5-1 Přední kryt – pohled zepředu	36
Obr. 5-2 Přední kryt – boční pohled	37
Obr. 5-3 Displej	38
Obr. 5-4 Umístění otvorů pro šrouby	38
Obr. 5-5 Zadní kryt – pohled zevnitř	39
Obr. 5-6 Vyztužení zadního krytu	40
Obr. 5-7 Kotvení zadního krytu	40
Obr. 5-8 Zapojení konektorů a přepínač	41
Obr. 5-9 Chladič	41
Obr. 5-10 Kotvení chladiče	42
Obr. 5-11 Rám	43
Obr. 5-12 Hák rámu	43
Obr. 6-1 Schéma vnitřního uspořádání	44
Obr. 6-2 Vyztužení předního krytu	45
Obr. 6-3 Kotvení desky s integrovanými obvody	45
Obr. 6-4 Těsnění mezi chladičem a krytem	46
Obr. 6-5 Prodloužení horní plochy	46
Obr. 6-6 Zapojení konektorů	47
Obr. 6-7 Celkové rozměry	48
Obr. 6-8 Ergonomie zavěšení	49
Obr. 6-9 Ovládací tlačítka	50
Obr. 6-10 Hlavní sdělovací panel	51

Obr. 6-11 Druhý sdělovací panel	51
Obr. 6-12 Panel zapojení	52
Obr. 6-13 Panel nastavení	52
Obr. 6-14 Uchýt předního krytu	53
Obr. 7-1 Barevné řešení předního krytu	54
Obr. 7-2 Barevné varianty	55
Obr. 7-3 Použité odstíny RAL	55
Obr. 7-4 Logotyp	56
Obr. 7-5 Logo na předním krytu	56
Obr. 7-6 Informační štítek	57



## 13. SEZNAM PŘÍLOH

**13**

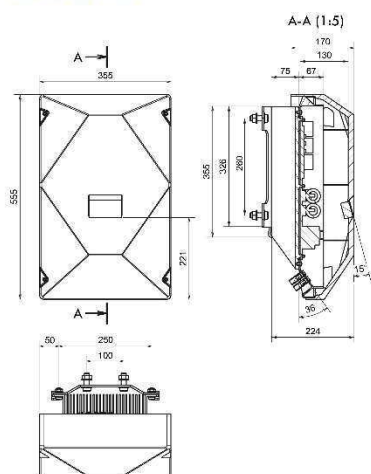
---

Zmenšený poster (A4)  
Fotografie modelu (A4)  
Poster (A1)  
Model M 1:1

## ZMENŠENÝ POSTER



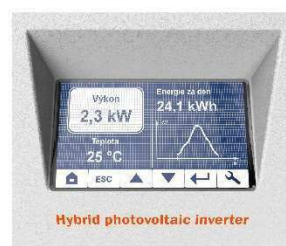
TECHNICKÉ POHLEDY



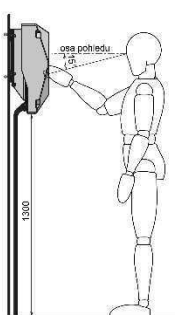
POHLED NA PŘIPOJENÍ MĚNIČE



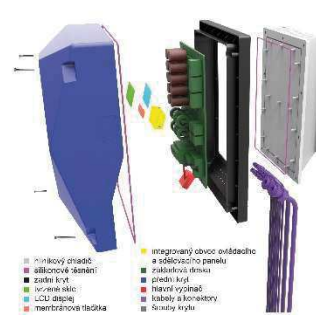
POHLED NA DISPLAY



ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ



SCHEMA VNITŘNÍHO USPOŘÁDÁNÍ



Třífázový fotovoltaický hybridní měnič je určen pro majitele rodinných domků a malých fotovoltaických elektráren, kteří umí ocenit nejen technickou stránku přístroje, ale také i jeho vzhled.

DESIGN HYBRIDNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO MĚNIČE / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Anastasia Makarova / Vedoucí práce: Ing. Richard Sovják / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2017/18 / Datum obhajoby: červen 2018

VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ  
V BRNĚ

ÚSTAV  
KONSTRUOVÁNÍ

odbor  
průmyslového  
designu

